

Η Συμβολή της Ολοκλήρωσης των Φωτοερμηνευτικών και Τηλεπισκοπικών Μεθόδων και Τεχνικών και των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών στην Υδρολογική Έρευνα

1. Εισαγωγή στις Αναλογικές και τις Ψηφιακές Μεθόδους και Τεχνικές της Τηλεπισκόπησης

Ο άνθρωπος, ως το τελειότερο ολοκληρωμένο τηλεπισκοπικό σύστημα κατά τη διαδικασία αντίληψης, κατανόησης, ανάλυσης και έρευνας του εξωτερικού κόσμου, όπως τον προσλαμβάνει οπτικά, αμέσως ή μέσω αναλογικών απεικονίσεών του, λειτουργεί αφηρητικά με βάση την ψυχολογική διέγερσή του.

Η ψυχολογική διέγερση του φωτοερμηνευτή πραγματοποιείται:

- α. Με την απόκριση / αντίδρασή του στα βασικά φωτοαναγνωριστικά στοιχεία μιας ή ενός ζεύγους τηλεπισκοπικών απεικονίσεων:
 - ΤΟΝΟΣ / ΑΠΟΧΡΩΣΗ ΧΡΩΜΑΤΟΣ
 - ΣΧΗΜΑ / ΜΟΡΦΗ
 - ΜΕΓΕΘΟΣ
 - ΠΡΟΤΥΠΟ
 - ΥΦΗ
 - ΣΚΙΑ
 - ΑΙΣΘΗΣΗ / ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΗΣ 3ης ΔΙΑΣΤΑΣΗΣ
 - ΘΕΣΗ / ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ
 - ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ
- β. με την προοδευτική βήμα προς βήμα αξιοποίησή τους, απ' τα απλούστερα κατανοητά (τόνος/απόχρωση χρώματος), ως τα αντικειμενικά πιο σύνθετα, (σχέση με το περιβάλλον), για την εξαγωγή μονοσήμαντων ή πιθανολογικών συμπερασμάτων και πληροφοριών. (Ρόκος, Δ. 1988).

Είναι φανερό ότι οι τηλεπισκοπικές απεικονίσεις μιας συγκεκριμένης περιοχής / περιφέρειας μπορεί να είναι:

1. σε αναλογική ή ψηφιακή μορφή, (αεροφωτογραφίες ή δισκέτες / ταινίες / κασέτες / οπτικοί δίσκοι κ.λ.π.)
2. της ίδιας ή διαφορετικών κλιμάκων, λόγω μεταβολής του ύψους πτήσης ή της εστιακής απόστασης του τηλεπισκοπικού δέκτη),
3. της ίδιας ή διαφορετικής διαχωριστικής/διακριτικής ικανότητας / δυνατότητας ($\Delta\Delta/\Delta I$),
4. μονοεικονικές ή σε μορφή στερεοζευγών,
5. της ίδιας ή διαφορετικών χρονολογιών,
6. της ίδιας ή διαφορετικών εποχών του χρόνου,
7. της ίδιας ή διαφορετικών ωρών λήψης,
8. κάτω απ' τις ίδιες, ή διαφορετικές ατμοσφαιρικές / μετεωρολογικές συνθήκες,
9. ευαισθητοποιημένες στην ίδια, ή σε διαφορετικές περιοχές του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος,
10. με τον ίδιο ή διαφορετικούς προσανατολισμούς του άξονα πτήσης,
11. παρμένες με τον ίδιο ή διαφορετικούς τηλεπισκοπικούς δέκτες/συστήματα,
12. κάτω απ' τις ίδιες / ή διαφορετικές / ειδικές (τεχνικές) συνθήκες λήψης (π.χ. άξονας λήψης κατακόρυφος/κεκλιμένος, πόλωση σε radar λήψεις οριζόντια ή κατακόρυφη κ.λ.π.)

Και οι τηλεπισκοπικές αυτές απεικονίσεις είναι δυνατόν ν'αναλυθούν απ'τον φωτοερμηνευτή, είτε με την παραδοσιακή αναλογική φωτοερμηνευτική μέθοδο, η οποία αποτελεί την οικειότερη στον άνθρωπο (ως το πιο ολοκληρωμένο δυνατό τηλεπισκοπικό σύστημα) διαδικασία, ή με την βοήθεια ηλεκτρονικών υπολογιστών και αλγορίθμων ψηφιακών επεξεργασιών ή τέλος με μεικτές υβριδικές μεθόδους ολοκλήρωσης των δυνατοτήτων των αναλογικών και ψηφιακών μεθόδων και τεχνικών της τηλεπισκόπησης με τις δυνατότητες των Συστημάτων Πληροφοριών Γης και Περιβάλλοντος (Γεωγραφικών / Κτηματολογικών).

Ενώ λοιπόν τα βασικά φωτοαναγνωριστικά στοιχεία αποτελούν την κοινή αναφορά των αναλογικών και των ψηφιακών διαδικασιών, αποκάλυψης/εξακρίβωσης ταυτοτήτων αντικειμένων/φαινομένων και λύσης σχετικών προβλημάτων, ο τρόπος αξιοποίησής τους αυτονόητα επηρεάζεται απ'τις αντικειμενικές δυνατότητες και τους περιορισμούς των αντίστοιχων μεθόδων και, τεχνικών και των διατιθέμενων στοιχείων υποδομής / στήριξης της φωτοερμηνευτικής τηλεπισκοπικής μεθοδολογίας.

1.1 Αναλογικές μέθοδοι φωτοερμηνευτικής ανάλυσης

Έτσι, οι αναλογικές μέθοδοι φωτοερμηνευτικής ανάλυσης, βασίζονται στον έλεγχο αληθοφανών υποθέσεων και στην αρχή των συγκλινουσών ενδείξεων.

Οι διαδικασίες αυτές αξιοποιούν τις δυνατότητες του φωτοερμηνευτή να συγκροτεί αληθοφανείς υποθέσεις για αντικείμενα / φαινόμενα / εμφανίσεις / χαρακτηριστικά στον υπό διερεύνηση χώρο, συνθέτοντας στοιχεία της εμπειρίας του και της ειδικότερης επιστημονικής του γνώσης, σε σχέση με τις απεικονίσεις τους ως συνδυασμών φωτοαναγνωριστικών στοιχείων στις τηλεπισκοπικές εικόνες και να ελέγχει στη συνέχεια την πιθανοφάνεια / αξιοπιστία τους, με βάση επαγωγικούς και απαγωγικούς συλλογισμούς και την ολοκληρωμένη προσέγγιση όλων των διαστάσεων του κάθε προβλήματος.

Ο άνθρωπος φωτοερμηνευτής, όντας το τελειότερο και αντικειμενικά ανυπέβλητο ολοκληρωμένο τηλεπισκοπικό σύστημα, με το κυριότερο μέσο της πειραματικής μεθόδου την Επαγωγή, μπορεί :

- απ' την παρατήρηση ενός φαινομένου να συμπεραίνει (με αλληπάλληλες αναδράσεις / συσχετισμούς και διορθώσεις) τον νόμο που διέπει το φαινόμενο αυτό,
- από το είδος, να μεταβαίνει στο γένος και
- από μερικά δεδομένα να συνάγει καθολικά συμπεράσματα, ανιχνεύοντας, ομαδοποιώντας, συσχετίζοντας και αξιολογώντας ομοιότητες, αντιστοιχίες και διαφορές αντικειμένων / εμφανίσεων / χαρακτηριστικών / συνθηκών και προτύπων.

Τα σημειακά, γραμμικά, επιφανειακά και χωρικά στοιχεία τα οποία συγκροτούν ως εικόνες της πραγματικότητας την τηλεπισκοπική απεικόνιση μιας συγκεκριμένης περιοχής / περιφέρειας κάτω από γνωστές συνθήκες λήψης, αποτελούν ταυτόχρονα και έκφραση των αμοιβαίων σχέσεων, εξαρτήσεων και αλληλεπιδράσεων μεταξύ των πραγματικών αντικειμένων, φαινομένων, εμφανίσεων και χαρακτηριστικών, οι οποίες προϋπήρξαν, υπάρχουν, τελούνται ή εξελίσσονται στο χώρο του υπό μελέτη αντικειμένου, φαινομένου ή προβλήματος.

Ο άνθρωπος - φωτοερμηνευτής αντιλαμβάνεται αμέσως και μπορεί να μετρά, να εκτιμά, να συσχετίζει με εμπειρικές κλίμακες και μεγέθη αναφοράς (φωτοερμηνευτικά κλειδιά, προηγούμενες προσλαμβάνουσες παραστάσεις καταχωρισμένες στη μνήμη του, κανόνες, νόμοι, φυσικές, χημικές και βιολογικές ιδιότητες αντικειμένων και σχέσεις, μεταξύ τους και με τις αντίστοιχες ιδιότητες του περιβάλλοντος χώρου κ.λ.π.), αλλά και να αξιολογεί τη σημασία όλων ανεξαιρέτα των φωτοαναγνωριστικών στοιχείων.

Έτσι μπορεί:

- (I) να εξάγει αμέσως πληροφορίες, μετρητικές και ποιοτικές από μια κατάλληλη τηλεπισκοπική απεικόνιση ή από στερεοσκοπικό ζεύγος τους που να αφορούν:
- α) στις οριζοντιογραφικές και υψομετρικές συντεταγμένες x , y και z της θέσης οποιουδήποτε ενδιαφέροντος σημείου, και συνεπώς και στα γραμμικά στοιχεία, τα σχήματα και τις διατάξεις τους (πρότυπα),
 - β) στην διαβάθμιση τόνου ή στην απόχρωση χρώματος της ορατής επιφάνειας ενός αντικειμένου ή χωρικού στοιχείου και συνεπώς και στην συχνότητα εναλλαγής τους (υφή / επιφανειακή τραχύτητα),
 - γ) στην περιεχόμενη στο έδαφος υγρασία,
 - δ) στην θερμοκρασία σημειακών, επιφανειακών και χωρικών στοιχείων, (όταν χρησιμοποιούμε τηλεπισκοπικό δέκτη που ευαισθητοποιείται στην περιοχή του θερμικού υπερύθρου του φάσματος της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας),
 - ε) στην περιεχόμενη στη βλάστηση υγρασία,
 - ζ) στην βιομάζα της βλάστησης και
 - η) στα χαρακτηριστικά απορρόφησης της χλωροφύλλης της βλάστησης,
- αλλά και

- (II) εμμέσως, από συνδυασμούς των παραπάνω μεταβλητών, (π.χ. ανίχνευση συγκεκριμένων φυσικών διαθεσίμων και της κατάστασής τους:: νερά, δάση, αλλά και καμμένο ή προσβεβλημένο από έντομα ή ασθένειες δάσος, χρήσεις γης, γεωλογικά ρήγματα, εμφανίσεις συγκεκριμένων πετρωμάτων, μεταλλευτικά διαθέσιμα κ.λ.π.)

Ο J.Jensen (1986) σχετικά, αναφέρεται σε 9 ανεξάρτητες βασικές / πρωτογενείς "βιοφυσικές" μεταβλητές:

την οριζοντιογραφική θέση, το υψόμετρο/βαθόμετρο, το χρώμα αντικειμένου, τα χαρακτηριστικά απορρόφησης της χλωροφύλλης της βλάστησης, την βιομάζα της βλάστησης, την περιεχόμενη στη βλάστηση υγρασία, την περιεχόμενη στο έδαφος υγρασία, την θερμοκρασία και την υφή ή επιφανειακή τραχύτητα.

1.2 Οι ψηφιακές μέθοδοι φωτοερμηνευτικής ανάλυσης

Αναπτύχθηκαν παράλληλα με την ανάπτυξη των ηλεκτρονικών υπολογιστών και έχουν ως στόχο να αξιοποιήσουν τις συνεχώς επεκτεινόμενες δυνατότητές τους στην ταχύτατη εκτέλεση μεγάλου όγκου αριθμητικών πράξεων, πάνω στις ψηφιακές τιμές των πινάκων n γραμμών και m στηλών οι οποίες συγκροτούν μια ψηφιακή τηλεπισκοπική απεικόνιση και αποτελούν αριθμητική έκφραση του απλούστερου φωτοαναγνωριστικού στοιχείου, του τόνου.

Οι ψηφιακές μέθοδοι φωτοερμηνευτικής ανάλυσης υστερούν αντικειμενικά σε θέματα λογικής διαδικασίας, αναγνώρισης, διαλεκτικής προσέγγισης, αντίληψης και κατανόησης (π.χ. σχημάτων και μορφών) και εκτίμησης της σημασίας τους, από τον άνθρωπο-φωτοερμηνευτή, και οι σχετικές βελτιώσεις τους θα οριοθετηθούν απ'την έρευνα και τις σχετικές εξελίξεις στα πεδία της τεχνητής νοημοσύνης (Artificial Intelligence) και της κατανόησης εικόνων (Image Understanding).

Οι ψηφιακές μέθοδοι φωτοερμηνευτικής ανάλυσης στηρίζονται:

- στην στατιστική και συντακτική αναγνώριση προτύπων, (statistical and syntactical pattern recognition)
- στην θεωρητική μέθοδο αποφάσεων (decision theoretic approach) και
- στη συμβολική λογική συνεπαγωγή, (symbolic reasoning) (Jensen, J. 1986).

Οι αναλογικές μέθοδοι φωτοερμηνευτικής ανάλυσης υστερούν με τη σειρά τους έναντι των ψηφιακών γιατί ο άνθρωπος - φωτοερμηνευτής

- αντιλαμβάνεται μόνον τα φυσικά μεγέθη που απεικονίζονται από τηλεπισκοπικούς δέκτες οι οποίοι ευαισθητοποιούνται στις περιοχές του ορατού φωτός και
- μπορεί να αναλύει στις παραπάνω περιοχές του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος μια τηλεπισκοπική απεικόνιση (ή ένα στερεοζεύγος), κάθε φορά.

Έτσι οι αναλογικές μέθοδοι φωτοερμηνευτικής ανάλυσης αποτελούν επιστημονοτεχνικό αντικείμενο έντασης εργασίας, ενώ οι ψηφιακές μέθοδοι αποτελούν αντικείμενο έντασης κεφαλαίου, γιατί απαιτούν τη χρήση πολύπλοκων και δαπανηρότατων οργάνων και συστημάτων, τόσο τηλεπισκοπικών λήψεων, όσο και τηλεπισκοπικών ψηφιακών επεξεργασιών και αποδόσεων.

Είναι φανερό ότι το μέλλον της τηλεπισκόπησης βρίσκεται στην ανάπτυξη υβριδικών μεθόδων βελτιστοποίησης και δημιουργικής σύνθεσης των δυνατοτήτων και μείωσης / υπέρβασης των αντικειμενικών (μέχρι στιγμής) περιορισμών των αναλογικών και των ψηφιακών μεθόδων φωτοερμηνευτικής ανάλυσης.

1.3. Τεχνικές και στοιχεία υποδομής/στήριξης των Αναλογικών και των Ψηφιακών μεθόδων φωτοερμηνευτικής ανάλυσης

Οι προϋποθέσεις και τα στοιχεία υποδομής/στήριξης της φωτοερμηνευτικής μεθοδολογίας συζητήθηκαν αναλυτικά (Δ.Ρόκος: Φωτοερμηνεία-Τηλεπισκόπηση" Ε.Μ.Π., Αθήνα 1988) και ισχύουν "αναλογικά", τόσο για τις αναλογικές, όσο και για τις ψηφιακές μεθόδους φωτοερμηνευτικής ανάλυσης.

Η δυνατότητα στερεοσκοπικής όρασης και αντίληψης και μέτρησης παραλλάξεων για υπολογισμό υψομετρικών διαφορών και υψομέτρων που εξασφαλίζεται με τη χρήση των απλών και των κατοπτρικών / πρισματικών στερεοσκοπίων και των παραλλακτικών ράβδων, αποτελεί, (μαζί βέβαια και με τις απλές μετρήσεις μηκών και επιφανειών στις αεροφωτογραφίες και τις λοιπές τηλεπισκοπικές απεικονίσεις), την κύρια τεχνική της αναλογικής μεθόδου φωτοερμηνευτικής ανάλυσης που συμπληρώνει την πρωτογενή μονοεικονική παρατήρηση.

Με τη βοήθεια βέβαια της στερεοσκοπικής παρατήρησης και των στοιχείων / προϋποθέσεων στήριξης της φωτοερμηνευτικής μεθοδολογίας, (γενική γνώση της περιοχής, ειδική γνώση των ειδικών χαρακτηριστικών/συνθηκών της περιοχής, ειδική γνώση των δυνατοτήτων ειδικών τηλεπισκοπικών δεκτών / συστημάτων, ειδική γνώση του επιστημονοτεχνικού πεδίου της σχετικής μελέτης), τα οποία ολοκληρώνονται με την κατάλληλη διεπιστημονική συνεργασία, την ολοκληρωμένη προσέγγιση του προβλήματος, τους κατάλληλους επίγειους ελέγχους και τα απαραίτητα φωτοερμηνευτικά κλειδιά, ο άνθρωπος - φωτοερμηνευτής συγκροτεί Μοντέλα Αντίληψης / Κατανόησης των στοιχείων της φυσικής και της κοινωνικοοικονομικής πραγματικότητας, αλλά και Βάσεις Γνώσης (αναλογικές), με τα οποία ελέγχει τις υποθέσεις του.

Ο φωτοερμηνευτής στην αναλογική μέθοδο φωτοερμηνευτικής ανάλυσης αξιοποιεί τις τυχόν προϋπάρχουσες πληροφορίες, σε αναλογική ή και εικονιστική / χαρτογραφική / θεματική μορφή όπως:

- χάρτες και τοπογραφικά διαγράμματα διαφόρων κλιμάκων,
- κτηματολογικά διαγράμματα και χάρτες εγγείων διαρθρώσεων,
- χάρτες χρήσεων / καλύψεων γης,
- βιβλιογραφικά στοιχεία,
- στατιστικά στοιχεία,
- μετεωρολογικά στοιχεία,
- γεωμορφολογικά στοιχεία,
- κλιματολογικά στοιχεία,
- θεματικούς χάρτες της περιοχής,
- πάσης φύσης καταγραφές πληροφοριών για την περιοχή,
- αεροφωτογραφίες κ.λ.π. τηλεπισκοπικές απεικονίσεις κ.λ.π.

Όπως είναι φυσικό, στην ψηφιακή μέθοδο φωτοερμηνευτικής ανάλυσης, οι τεχνικές και τα στοιχεία στήριξης της φωτοερμηνευτικής μεθοδολογίας πρέπει να συμβαδίζουν με τον αντικειμενικά στατιστικής / πιθανολογικής φύσης χαρακτήρα της μεθόδου και να έχουν την μορφή, είτε γνωστών εκ των προτέρων πιθανοτήτων εμφάνισης ενός

αντικειμένου / χαρακτηριστικού, το οποίο σχετίζεται αμέσως ή εμμέσως με συγκεκριμένο φυσικό διαθέσιμο, ή μπορεί να οδηγήσει στην ανίχνευσή του, ή /και άλλων χρήσιμων κατά περίπτωση γενικών και ειδικών ψηφιακών πληροφοριών.

Ετσι π.χ. στη διαδικασία ταξινόμησης ψηφιακών τηλεπισκοπικών απεικονίσεων, βασική για τις διερευνήσεις φυσικών διαθεσίμων:

(α) διαμορφώνονται πεδία ελέγχου / αναφοράς και "εξάσκησης" (training sites) που ορίζονται από το άνω και κάτω πέρασ των ψηφιακών τιμών, οι οποίες - κάτω από ορισμένες συγκεκριμένες συνθήκες - αντιστοιχούν σε ένα ορισμένο συγκεκριμένο αντικείμενο / χαρακτηριστικό της τηλεπισκοπικής απεικόνισης, το οποίο σχετίζεται ποικιλότροπα με ένα συγκεκριμένο φυσικό διαθέσιμο, και

(β) συγκροτούνται τα κατάλληλα για κάθε περίπτωση μαθηματικά μοντέλα.

Παρά το γεγονός ότι τα πεδία ελέγχου / αναφοράς και "εξάσκησης", για τις μη επιβλεπόμενες ταξινομήσεις υποκαθιστούν τον ρόλο κατάλληλων επίγειων ελέγχων, οι επιβλεπόμενες ταξινομήσεις απαιτούν, στην πιο αξιόπιστη δυνατή εκδοχή τους τον σχεδιασμό και την πραγματοποίηση των κατάλληλων επίγειων ελέγχων.

Οι ψηφιακής μορφής Βάσεις Γνώσης οι οποίες μπορούν να καλύπτουν συγκεκριμένα ειδικά επιστημονοτεχνικά πεδία μπορούν στην προοπτική ανάπτυξης εμπειρών συστημάτων (expert systems) ν'αξιοποιηθούν με κατάλληλο λογισμικό, για συγκρίσεις, συσχετίσεις, αναφορές και ταυτοποιήσεις σημειακών, γραμμικών, επιφανειακών, χωρικών και φασματικών στοιχείων και χαρακτηριστικών μιας τηλεπισκοπικής απεικόνισης με γνωστές σταθερές, ή με τις πιθανότερες δυνατές εναλλακτικές αντιστοιχίσεις τους με αντικείμενα / χαρακτηριστικά / εμφανίσεις / φαινόμενα του πραγματικού φυσικού και κοινωνικοοικονομικού χώρου τα οποία σχετίζονται αμέσως ή εμμέσως με συγκεκριμένα φυσικά διαθέσιμα αλλά και με τις διάφορες "καταστάσεις" και "ποιότητες" τους, σε συγκεκριμένο χρόνο.

1.4. Κριτήρια επιλογής αναλογικών και ψηφιακών μεθόδων φωτοερμηνευτικής ανάλυσης

Η αναλογική μέθοδος φωτοερμηνευτικής ανάλυσης και στη διαδικασία διερεύνησης φυσικών διαθεσίμων ενδείκνυται:

- (α) όταν η υπό διερεύνηση περιοχή είναι σχετικά μικρή και δεν υπερβαίνει τα όρια ενός μεγάλου δήμου, ενός συνδέσμου κοινοτήτων, μιας επαρχίας, ή ενός τμήματος νομού,
- (β) όταν στο προς διερεύνηση πρόβλημα έχει ιδιαίτερη σημασία η αναγνώριση και η εξακρίβωση της ταυτότητας συγκεκριμένων σημειακών, γραμμικών, επιφανειακών και χωρικών στοιχείων και χαρακτηριστικών,
- (γ) όταν οι φασματικές υπογραφές των αντικειμένων / εμφανίσεων / χαρακτηριστικών της υπό μελέτη περιοχής είναι πολλές και προκαλούν με την σύγχυσή τους δυσκολία στην ειδικολόγηση, αποκάλυψη των αντίστοιχων συγκεκριμένων μεμονωμένων ειδών,
- (δ) όταν είναι απαραίτητη η χρήση της αρχής των συγκλινουσών ενδείξεων για την διακρίβωση συγκεκριμένων σημειακών, γραμμικών, επιφανειακών και χωρικών στοιχείων και χαρακτηριστικών στην υπό μελέτη περιοχή,
- (ε) όταν απαιτείται υψηλή Διαχωριστική / Διακριτική Δυνατότητα / Ικανότητα για την διάκριση εκείνων των ενδιαφερόντων χαρακτηριστικών τα οποία έχουν ουσιαστική σημασία για την συγκεκριμένη κάθε φορά μελέτη.

Η ψηφιακή μέθοδος φωτοερμηνευτικής ανάλυσης απ'την άλλη μεριά ενδείκνυται:

- (α) όταν η περιοχή στην οποία πραγματοποιείται η διερεύνηση φυσικών διαθεσίμων, ή η περιοχή στα όρια της οποίας τελείται ή εξελίσσεται ένα ενδιαφέρον φυσικό ή άλλο φαινόμενο, το οποίο σχετίζεται αμέσως ή εμμέσως με την παρουσία ενός φυσικού διαθεσίμου, είναι εξαιρετικά εκτεταμένη και υπερβαίνει τα όρια ενός νομού, μιας περιφέρειας ή και ενός κράτους ακόμη,

- (β) όταν η ανίχνευση λεπτομερειακών σημειακών, γραμμικών, επιφανειακών και χωρικών στοιχείων δεν είναι ιδιαίτερης σημασίας για το υπό διερεύνηση πρόβλημα, ή για την συγκεκριμένη μελέτη,
- (γ) όταν τα επιμέρους τμήματα, είδη, ζώνες και περιφέρειες της υπό διερεύνηση περιοχής είναι σε μεγάλο βαθμό ομοιογενή και συνεπώς συντελούν σε λίγες, σαφείς και διακριτές μεταξύ τους φασματικές υπογραφές οι οποίες διευκολύνουν την διακρίβωση της ταυτότητας των αντίστοιχων συγκεκριμένων μεμονωμένων εμφανίσεων,
- (δ) όταν η υψηλή Διαχωριστική / Διακριτική Δυνατότητα / Ικανότητα του τηλεπισκοπικού δέκτη δεν είναι ιδιαίτερης σημασίας για το είδος της συγκεκριμένης μελέτης / διερεύνησης.

Σε κάθε περίπτωση όμως, η ολοκλήρωση των δυνατοτήτων των αναλογικών και των ψηφιακών μεθόδων και τεχνικών (η οποία πραγματοποιείται προφανώς κατ' εξακολούθηση όταν ο φωτοερμηνευτής επιχειρεί να αναλύσει πάνω στην οθόνη του συστήματος ψηφιακής επεξεργασίας τηλεπισκοπικών απεικονίσεων τις απεικονίσεις συγκεκριμένων ψηφιακών επεξεργασιών) και με τις δυνατότητες των Συστημάτων Πληροφοριών Γης και Περιβάλλοντος, αξιοποιούν με τον βέλτιστο δυνατό τρόπο την θεμελιακή υπόσταση της Φωτοερμηνευτικής / Τηλεπισκοπικής Μεθοδολογίας ως "της διαλεκτικής και διεπιστημονικής ολοκλήρωσης των δυνατοτήτων της πείρας των αισθήσεων (εμπειρίας), της λογικής, της ειδικής επιστημονικής γνώσης (κάτω από την οπτική της οποίας γίνεται η συγκεκριμένη διερεύνηση) και των απαραίτητων επίγειων ελέγχων, στην έρευνα και την γνώση του εξωτερικού κόσμου" (Ρόκος, Δ. 1980, 1988).

2. Προεπεξεργασίες/Διορθώσεις Ψηφιακών Τηλεπισκοπικών Απεικονίσεων

Κατά τη διαδικασία λήψης ψηφιακών τηλεπισκοπικών απεικονίσεων μια σειρά από σφάλματα, "ενδογενή" και "εξωγενή", επηρεάζουν την ποιότητά τους και κατά προέκταση, την ακρίβεια, την πληρότητα και την αξιοπιστία της φωτοερμηνευτικής ανάλυσης που θα ακολουθήσει.

Τα "ενδογενή" σφάλματα οφείλονται στους τηλεπισκοπικούς δέκτες / συστήματα, είναι συστηματικού χαρακτήρα και σταθερά και μπορούν να προσδιορισθούν με μετρήσεις, διαμετρήσεις (calibration) πριν ή κατά την πτήση.

Τα "εξωγενή" σφάλματα οφείλονται σε ποικίλες, διαφορετικής φύσης ανωμαλίες που επηρεάζουν με μη συστηματικό τρόπο τον φορέα / πλατφόρμα εναέριας ή διαστημικής τηλεπισκοπικής λήψης και συνεπώς την διαμόρφωση των χαρακτηριστικών των τηλεπισκοπικών απεικονίσεων.

Τα μη συστηματικά αυτά "εξωγενή" σφάλματα μπορούν να προσδιορισθούν με την χρησιμοποίηση σημείων επίγειου ελέγχου, (τα οποία είναι γνωστά με τις γεωδαιτικές τους συντεταγμένες) και τη μαθηματική συσχέτισή τους με τις ευδιάκριτες στις τηλεπισκοπικές απεικονίσεις θέσεις τους.

Τα βασικά σφάλματα της διαδικασίας λήψης τηλεπισκοπικών απεικονίσεων, τα οποία υποβαθμίζουν την ποιότητά τους και συνεπώς θέτουν συγκεκριμένους περιορισμούς στις δυνατότητες των Ψηφιακών Μεθόδων Διερεύνησης των Φυσικών Διαθεσίμων, είναι ραδιομετρικής και γεωμετρικής φύσης.

Ετσι, πριν την φωτοερμηνευτική ανάλυση και γενικότερα την αξιοποίηση των τηλεπισκοπικών απεικονίσεων, απαιτούνται, ανάλογα με τα προβλήματα που πρόκειται να αντιμετωπισθούν, είτε μόνο ραδιομετρικές, ή μόνο γεωμετρικές και το συνηθέστερο ραδιομετρικές και γεωμετρικές διορθώσεις τους.

2.1. Ραδιομετρικές Διορθώσεις

Οι ραδιομετρικές διορθώσεις των τηλεπισκοπικών απεικονίσεων των πολυφασματικών σαρωτών, (MSS των LANDSAT, SPOT, MOS κ.λ.π., TM του LANDSAT) αναφέρονται στη συσχέτιση της εισόδου της ανακλώμενης / εκπεμπόμενης από το χώρο του προς διερεύνηση προβλήματος ακτινοβολίας, η οποία ευαισθητοποιεί τις κατάλληλες διατάξεις ανίχνευσης (detectors) των τηλεπισκοπικών δεκτών, με αυτή καθ' εαυτή την έξοδο της από την κάθε διάταξη ανίχνευσης και την στη συνέχεια διόρθωση των ραδιομετρικών τιμών από κάθε φύσης δυσλειτουργίες ή διαστροφές (Jensen, J. 1986).

Οι συνήθειες ραδιομετρικές διορθώσεις των τηλεπισκοπικών απεικονίσεων είναι:

- (α) η αποκατάσταση του σφάλματος από το κενό της δης γραμμής,
- (β) η αποκατάσταση του σφάλματος από την διαστροφή έντασης της δης γραμμής,
- (γ) η αποκατάσταση του σφάλματος από την οριζόντια μετατόπιση τμημάτων γραμμών,
- (δ) η αποκατάσταση του σφάλματος από τις επιπτώσεις της ατμοσφαιρικής διάχυσης και απορρόφησης, οι οποίες μπορούν ακόμα και να μηδενίσουν σε ορισμένες περιοχές του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος την δυνατότητα εξαγωγής πληροφοριών για τον υπό διερεύνηση χώρο. Θα πρέπει εδώ να σημειωθεί ότι οι απεικονίσεις που σχηματίζονται από ακτινοβολίες με μήκη κύματος $\lambda > 0.7 \mu\text{m}$ (υπέρυθρες) είναι πρακτικά απαλλαγμένες από τις επιπτώσεις της ατμοσφαιρικής διάχυσης. (Ρόκος, Δ. 1989, όπου και αναλυτική παρουσίαση των σχετικών διορθώσεων).

2.2. Γεωμετρικές διορθώσεις ψηφιακών πολυφασματικών τηλεπισκοπικών απεικονίσεων

Κατά τη διάρκεια λήψης ψηφιακών πολυφασματικών τηλεπισκοπικών απεικονίσεων, μια σειρά από συστηματικά και μη συστηματικά σφάλματα επηρεάζουν την γεωμετρική τους ποιότητα.

Για μεν τα συστηματικά απ'αυτά, οι αντίστοιχες γεωμετρικές διορθώσεις μπορούν να γίνουν με βάση τη γνώση:

- (α) των στοιχείων της τροχιάς και της κίνησης του αερομεταφερόμενου ή διαστημικού φορέα του τηλεπισκοπικού συστήματος και
- (β) των στοιχείων που αφορούν τα βασικά χαρακτηριστικά, τις ιδιότητες, τη διαμέτρηση και τις διαστροφές του συγκεκριμένου τηλεπισκοπικού συστήματος.

Για τα μη συστηματικά απ'αυτά, όπως είναι :

- (α) τα σφάλματα τα οποία προκύπτουν απ'την τυχαία καθ' ύψος απόκλιση του φορέα του τηλεπισκοπικού συστήματος από την προσδιορισμένη τροχιά του (και προκαλούν μεταβολή της κλίμακας των τηλεπισκοπικών απεικονίσεων) και
- (β) τα σφάλματα τα οποία προκύπτουν από τυχαίες αποκλίσεις των αξόνων του τηλεπισκοπικού συστήματος από τις προδιαγραμμένες θέσεις αναφοράς τους, (που είναι συνήθως, ο μεν ένας να είναι κατακόρυφος, ο άλλος παράλληλος προς τον άξονα πτήσης και ο τρίτος κάθετος στους δύο προηγούμενους):

απαιτείται η γνώση των γεωδαιτικών συντεταγμένων επιγείων σημείων ελέγχου, τα οποία είναι ταυτόχρονα ευδιάκριτα στις τηλεπισκοπικές απεικονίσεις και συνεπώς μπορούν να μετρηθούν οι εικονοσυντεταγμένες τους, σε γραμμές και στήλες pixels. (Ρόκος, Δ. 1989, όπου και αναλυτικότερη αναφορά στις διαδικασίες των σχετικών διορθώσεων).

3. Η συμβολή της ολοκλήρωσης των Αναλογικών και Ψηφιακών Τηλεπισκοπικών μεθόδων στη διερεύνηση των Φυσικών Διαθεσίμων και την υδρολογική έρευνα

Με βάση όσα αναφέρθηκαν παραπάνω ουσιαστική προϋπόθεση εφαρμογής της Φωτοερμηνευτικής Μεθοδολογίας γενικότερα είναι:

- (α) Η γενική γνώση της υπό μελέτη περιοχής,
- (β) Η γενική γνώση των υφιστάμενων χαρτογραφικών, βιβλιογραφικών, στατιστικών, αεροφωτογραφικών, τηλεπισκοπικών κ.λ.π. στοιχείων,
- (γ) Η ειδική γνώση των συγκεκριμένων, για την κάθε φορά ειδική έρευνα, συνθηκών της περιοχής,
- (δ) Η ειδική γνώση των δυνατοτήτων των τηλεπισκοπικών δεκτών,
- (ε) Η ειδική γνώση του επιστημονικού πεδίου της ειδικής διερεύνησης και
- (στ) Η δυνατότητα προγραμματισμού και υλοποίησης ειδικών επίγειων ελέγχων.

Ειδικολογώντας εδώ τη σημασία της γενικής γνώσης της υπό μελέτη περιοχής και ειδικότερα της Γεωμορφολογίας και της Βλάστησής της, στη διαδικασία διερεύνησης των Φυσικών Διαθεσίμων και αντιμετώπισης προβλημάτων υδρολογίας, θα μπορούσαμε ανάλογα να τεκμηριώσουμε και τη σημασία των άλλων προϋποθέσεων στη μεθοδολογία έρευνας των μεταλλευτικών, υδατικών, εδαφικών και οικολογικών διαθεσίμων της και τον προγραμματισμό και υλοποίηση σχεδίων αξιοποίησής τους.

Πιο συγκεκριμένα: στη διεθνή βιβλιογραφία αναφέρεται ότι από τα 25 μοναδιαία φωτοαναγνωριστικά στοιχεία με τα οποία μπορούμε να προσεγγίσουμε τον εξωτερικό κόσμο από τις απεικονίσεις του, τα 9 είναι γεωμορφικού χαρακτήρα και τα 3 στοιχεία βλάστησης.

Είναι φανερό λοιπόν ότι η γνώση της γεωμορφολογίας και των συνθηκών βλάστησης, μιας περιοχής δημιουργεί καλύτερο επίπεδο αφετηρίας της μεθοδολογίας Διερεύνησης Φυσικών Διαθεσίμων:

- (α) Για το *γεωλόγο*, γιατί μη ορατά (άμεσα) στοιχεία, (τύποι πετρωμάτων, γεωλογική δομή κ.λ.π.) μπορούν να συναχθούν κύρια - (και πέρα απ'την αξιοποίηση των διαβαθμίσεων του γκρίζου και χαρακτηριστικών εμφανίσεων βλάστησης), απ'τα σχετικά γεωμορφολογικά φαινόμενα και διαδικασίες που εικονογραφούνται αξιόπιστα με το τοπογραφικό ανάγλυφο και τα επιφανειακά δίκτυα αποστράγγισης.
- (β) Για τον *υδρολόγο*, γιατί η γεωμορφολογία και η τοπογραφία της περιοχής και οι διαδικασίες εξέλιξής της, παίζουν σημαντικό ρόλο, (μαζί με ποιοτικά χαρακτηριστικά όπως π.χ. η υδατοπερατότητα), για τη μελέτη και εκτίμηση των υδατικών διαθεσίμων της.
- (γ) Για τον *εδαφολόγο*, γιατί αν και τα εδάφη στις απεικονίσεις της φυσικής γήινης επιφάνειας καλύπτονται συνήθως με βλάστηση, έτσι ώστε να μην είναι εύκολο να διαπιστώνεται η μορφή της τομής τους, συχνότατα τα όρια εμφανίσεων εδαφών, συμπίπτουν ή έχουν συγκεκριμένη σχέση με γεωμορφολογικά όρια και έτσι μαζί με την αξιοποίησή και άλλων αναγνωριστικών στοιχείων, (τόνοι, βλάστηση, χρήση γης και μεταβολή της) και επιγείων δειγμάτων, ολοκληρώνεται η διαδικασία διερεύνησης εδαφικών διαθεσίμων.
- (δ) Για το *γεωπόνο*, γιατί η σχέση των διαφόρων μορφών γης με την αγροτική / καλλιεργητική χρήση της, τον βοηθάει (μαζί με τα υπόλοιπα απαραίτητα στοιχεία), στην ορθολογικότερη χρήση της, αλλά και στην αποδοτικότερη (με αναδιάρθρωση καλλιεργειών) αξιοποίηση των εδαφών της.
- (ε) Για τον *μηχανικό*, (μελετητή ή κατασκευαστή), γιατί η γνώση της γεωμορφολογίας μιας περιοχής τον βοηθάει, στη γνώση των ιδιοτήτων των υλικών των διαφόρων μορφών της και συνακόλουθα σε σωστές επιλογές σχετικά με τη καλύτερη δυνατή

χρήση τους, και τους αντικειμενικούς περιορισμούς και δυνατότητες που προκύπτουν στη μελέτη και κατασκευή τεχνικών έργων.

Όπως πιο πέρα θα δούμε, ή έστω και με μηχανιστική άθροιση των πλεονεκτημάτων απ'τη γνώση των γεωμορφολογικών συνθηκών και των συνθηκών βλάστησης, πραγματική βελτίωση του επιπέδου αναφοράς της μεθοδολογίας διερεύνησης Φυσικών Διαθεσίμων, μπορεί να ολοκληρωθεί, μόνο μέσα απ'τη συστηματική διεπιστημονική συνεργασία των παραπάνω (ή και άλλων κατά περίπτωση ειδικοτήτων), σύμφωνα με τη διαδικασία των "Ολοκληρωμένων Αποδόσεων" των στοιχείων της Φυσικής και Κοινωνικοοικονομικής πραγματικότητας. (Ρόκος, Δ. 1980).

Έτσι, με διασφαλισμένα τα επίπεδα αναφοράς της μεθοδολογίας διερεύνησης Φυσικών Διαθεσίμων που προαναφέραμε, τα συγκεκριμένα βήματα της τεχνικής προσέγγισής της είναι :

- (α) Η αναγνώριση στοιχείων,
- (β) Η ανάλυση των διαφορών / μεταβολών / αλληλεξαρτήσεων των στοιχείων και η εκτίμηση της σημασίας τους,
- (γ) Οι κατάλληλοι συσχετισμοί με το περιβάλλον, οι παραβολές με "κλείδες" και με τα πορίσματα ελέγχων και των τεχνικών δειγματοληψιών,
- (δ) Η σύμφωνη, με τις κατάλληλες κάθε φορά προδιαγραφές, ταξινόμηση των ομοιοτήτων και των διαφορών,
- (ε) Οι χαρακτηρισμοί των πορισμάτων σχετικά με τις ενότητες στοιχείων που διακρίθηκαν,
- (στ) Η ανατροφοδότηση με τα πορίσματα αυτά, της αρχικής φάσης και η επανάληψη της όλης διαδικασίας της τεχνικής προσέγγισης, για ειδικότερες ή λεπτομερέστερες διερευνήσεις. (Ρόκος, Δ. 1988)

Στα παραπάνω βήματα, βασικής σημασίας νοητικό εργαλείο είναι οι επαγωγικοί (απ' το "ειδικό" στο "γενικό"), και οι απ'το "γενικό" στο "ειδικό" συλλογισμοί.

Πιο συγκεκριμένα, ξεκινώντας μεθοδικά, απ'τα πιο οικεία αναγνωριστικά στοιχεία προς τα λιγότερο οικεία, αναλύουμε μία προς μία χαρακτηριστικές για τα συγκεκριμένα κάθε φορά υπό διερεύνηση Φυσικά Διαθέσιμα λεπτομέρειες, μελετούμε σε μικρές κλίμακες τηλεπισκοπικών απεικονίσεων, ή φωτομωσαϊκά, ή Landsat απεικονίσεις, πρότυπα της ευρύτερης περιοχής, για να προχωρήσουμε στη συνέχεια, σε ειδικότερη ανάλυση, πάνω σε μεγάλων κλιμάκων απεικονίσεις ή και μεγεθύνσεις τους, (προσπαθώντας π.χ. απ'το πρότυπο του αποστραγγιστικού δικτύου να συνάγουμε στοιχεία για τα εδαφικά διαθέσιμα, και αντίστροφα, απ'τη μορφή της διατομής και το μήκος μιας ρεματιάς, να συνάγουμε στοιχεία για ολόκληρη την περιοχή στην οποία εμφανίζονται όμοιες ρεματιές).

Με βάση τα στοιχεία που επιβεβαιώθηκαν με την παραπάνω πορεία και αποτελούν πια "γνωστά" στοιχεία, μπορούμε με σύγκριση - παραβολή να προσπελάσουμε στον προσδιορισμό της ταυτότητας κάποιων απ'τα εναπομένοντα άγνωστα στοιχεία, και τέλος, έχοντας πάντα υπόψη τις δοσμένες ιδιότητες και δυνατότητες των διαφόρων τηλεπισκοπικών δεκτών, (που κάτω από διαφορετικές συνθήκες λήψης, μπορούν να κρύψουν ή να αποκαλύψουν κάποιες ενότητες, κάθε φορά, πληροφοριών), εφαρμόζοντας τη μέθοδο των διαδοχικών προσεγγίσεων / αποκλεισμών, μπορούμε να καταλήξουμε είτε σε μονοσήμαντους - συγκεκριμένους ή σε πολυσήμαντους - συγκεκριμένους χαρακτηρισμούς, ενότητας ή ενότητων Φυσικών Διαθεσίμων, ή ακόμα και να ζητήσουμε μια λεπτομερέστερη διαδικασία διερευνήσεων.

Στο βαθμό που συγκεκριμένα Φυσικά Διαθέσιμα συναρτώνται με τη διαδικασία γένεσης, ή την ίδια τη δομή ενός γεωμορφολογικού τοπίου, η Μέθοδος Φωτοερμηνείας Τοπίου απ'το "γενικό" στο "ειδικό" (σε συνδυασμό όπου απαιτείται με μετάβαση απ'το "ειδικό" στο "γενικό"), έχει ιδιαίτερη σημασία για τη διερεύνηση και απογραφή τους.

Σύμφωνα με τη μέθοδο αυτή (Komarov, V. 1978):

Με αξιοποίηση του διατιθεμένου χαρτογραφικού κ.λ.π. γεωμορφολογικού, γεωλογικού κ.λ.π. υλικού για την περιοχή προβαίνουμε:

1. Στη Διάκριση (πάνω σε φωτομωσαϊκό, ή σήμερα σε απεικονίσεις από δορυφόρους) των περιφερειών που φαίνονται "φωτογραφικά" ομοιογενείς (σε σχέση με την ομοιογένεια της δομής τοπίων).
2. Στη Διάκριση τοποθεσιών και μονάδων, ή συστημάτων μονάδων γης, στον Προσδιορισμό του τύπου τους μέσα σε συγκεκριμένα όρια τοπίου, στον Προσδιορισμό του τύπου της σχέσης τους μέσα σ'αυτά τα όρια, και με βάση αυτό, στην Ειδικόλογηση του τύπου τοπίου.
3. Στην Ανάλυση της φωτογραφικής απεικόνισης των στοιχείων του τοπίου, τον Χαρακτηρισμό τους για κάθε τύπο μονάδας γης που διακρίναμε στη δεύτερη φάση, (ανάγλυφο, δίκτυο διάβρωσης, γεωλογική δομή, εδάφη, βλάστηση, χαρακτηριστικά επέμβασης του ανθρώπου), την Περιγραφή τους και την Καταγραφή των αλληλεξαρτήσεων τους, με βάση τα στοιχεία της φωτοερμηνείας (με χρήση όλου του διατιθεμένου βιβλιογραφικού και χαρτογραφικού υλικού για την περιοχή).
4. Στην Αποκάλυψη των "δεικτών" των υπό διερεύνηση αντικειμένων (θεωρουμένων ως στοιχείων του τοπίου) και την επεξεργασία κριτηρίων για την ερμηνεία αυτών των δεικτών.
5. Στην Ερμηνεία του αντικειμένου της μελέτης, στη βάση των παραπάνω κριτηρίων, πάνω στο σύνολο της έκτασης της εμφάνισης τους χρησιμοποιώντας παράλληλα επίγειους ελέγχους και παραβολές με φωτοερμηνευτικές κλειδές.

Από μια άλλη οπτική τώρα, για να κατανοήσουμε καλύτερα τα σχετικά φυσικά μεγέθη αλλά και να επιλέξουμε τις βέλτιστες κατά περίπτωση ψηφιακές τηλεπισκοπικές τεχνικές για τη διερεύνηση συγκεκριμένων φυσικών διαθεσίμων θα μπορούσαμε να αξιοποιήσουμε την βασική παρατήρηση ότι:

"Η ανακάλυψη φυσικών διαθεσίμων μπορεί να βασισθεί κυρίως στο γεγονός ότι αυτά αποτελούν ΑΣΥΝΗΘΕΙΣ ΕΜΦΑΝΙΣΕΙΣ, ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΙΣ, ΣΥΣΣΩΡΕΥΣΕΙΣ σε συγκεκριμένη ή συγκεκριμένες χρονικές περιόδους, σημειακών, γραμμικών, επιφανειακών, χωρικών και φασματικών χαρακτηριστικών και στοιχείων, τα οποία και συμβάλλουν στην διάκρισή τους από το περιβάλλον τους". (Ρόκος, Δ. 1988).

Οι ασυνήθεις π.χ. Εμφάνισεις / Συγκεντρώσεις / Σύσσωρεύσεις υλικών τα οποία βρίσκονται σε θνήθη πετρώματα και τα οποία περιέχουν χρήσιμα μεταλλεύματα, θα μπορούσαν να θεωρηθούν ως το αποτέλεσμα συγκεκριμένων γεωλογικών διαδικασιών οι οποίες τελούνται ή τελέστηκαν με ένα ακραίο τρόπο. (Drury, S. 1990).

Ετσι, κατά την διαδικασία διερεύνησης μεταλλευτικών διαθεσίμων με ψηφιακές τηλεπισκοπικές μεθόδους θα μπορούσαμε π.χ. ν' αναζητήσουμε αναγνωρίσιμα ίχνη" ΑΝΩΜΑΛΙΩΝ:

- ◆ στη χημική σύσταση των πετρωμάτων η οποία σχετίζεται με τη συγκέντρωση μετάλλων.
- ◆ στις φυσικές τους ιδιότητες που οφείλονται:
 - στις ενώσεις στις οποίες βρίσκονται τα μέταλλα αυτά,
 - στη δομή τους, η οποία π.χ. μπορεί να έχει συντελέσει στην εναπόθεση μεταλλικών ενώσεων ή την "μετανάστευση" και παγίδευση υγρών και αερίων υδρογονανθράκων

Στη διαδικασία αυτής της αναζήτησης χρησιμοποιούμε μια ευρεία σειρά από ειδικά όργανα και τηλεπισκοπικούς δέκτες τα οποία αποσκοπούν στην παρακολούθηση εκείνων των ιδιοτήτων των πετρωμάτων οι οποίες είναι κριτικής σημασίας για την παρουσία ή απουσία συγκεκριμένων εναποθέσεων.

Μια άλλη προσέγγιση του προβλήματος θα απαιτούσε την ανάλυση των γεωλογικών σχέσεων και της εξέλιξης των γνωστών εναποθέσεων για να αντιληφθούμε τις διαδικασίες οι οποίες συντέλεσαν στο σχηματισμό τους. αυτές οι "ΑΝΤΙΛΗΨΕΙΣ" και τα αντίστοιχα "ΜΟΝΤΕΛΑ" τα οποία μπορούν ν'αναπτυχθούν στο γενικό πλαίσιο

της γενικής γεωλογικής γνώσης για τη συγκεκριμένη περιοχή *μπορούν μετά να χρησιμοποιηθούν μ'ένα τρόπο "προφητικό" για να "καθορίσουν" συγκεκριμένα είδη πετρωμάτων ή δομών στα οποία τέτοιες διαδικασίες μπορεί να τελούνται..* (Drury, S. 1990).

Εξ ίσου σημαντικό είναι ακόμη το ότι μπορούν να συμβάλουν στον προσδιορισμό εκείνων "των περιβαλλόντων" στα οποία τέτοιες διαδικασίες / διεργασίες είναι απίθανο να έχουν τελεσθεί, ή αν έχουν τελεσθεί δεν είναι ικανές να προκαλέσουν τις αναγκαίες συγκεντρώσεις. Σύμφωνα με τα παραπάνω τη διερεύνηση μεταλλευτικών διαθεσίμων μέσω της Τηλεπισκόπησης μπορεί σε μεγάλο βαθμό να υποκαταστήσει τις πολύ χρονοβόρες και δαπανηρές επίγειες γεωλογικές μεθόδους.

Όσο όμως τα ήδη γνωστά, αμέσως προσπελάσιμα, εύκολα ανιχνεύσιμα και αξιοποιήσιμα με μικρό κόστος (π.χ. επιφανειακά, κοντά σε οδικούς, θαλάσσιους ή ποτάμιους άξονες και χαμηλά υψόμετρα) μεταλλεύματα εξαντλούνται, οι μέθοδοι τηλεπισκοπικής διερεύνησης θαμένων, δυσπρόσιτων, δύσκολα προσπελάσιμων "δυνάμει" κοιτασμάτων, αναγκαστικά γίνονται ιδιαίτερα πολύπλοκες και η σχετική έρευνα απαιτεί την παράλληλη αξιοποίηση πέραν αυτών καθ' εαυτών των βελτιώσεων τους και την ολοκλήρωσή τους με άλλες μεθόδους και τεχνικές όπως π.χ. εκείνων των Συστημάτων Πληροφοριών Γης και Περιβάλλοντος. (Rokos, D. et als, 1993).

Ο προσεκτικός μελετητής των παραπάνω μπορεί να προχωρήσει αναλογικά στην ανάπτυξη αντίστοιχων μεθόδων για την αντιμετώπιση προβλημάτων διερεύνησης, απογραφής και διαχείρισης υδατικών διαθεσίμων.

4. Ενίσχυση/Βελτίωση Ψηφιακών Τηλεπισκοπικών Απεικονίσεων (Ψ.Τ.Α.)

Για να διευκολυνθεί κυρίως η (υποκειμενική) φωτοερμηνευτική ανάλυση ψηφιακών τηλεπισκοπικών απεικονίσεων στην αναλογική τους μορφή, αλλά και ορισμένες φορές η ανάλυσή τους με βάση τις ψηφιακές τεχνικές σε συστήματα Ψηφιακής Επεξεργασίας Τηλεπισκοπικών Απεικονίσεων (Ψ.Ε.Τ.Α.) χρησιμοποιούμε αλγόριθμους Ενίσχυσης/Βελτίωσης Ψηφιακών Τηλεπισκοπικών Απεικονίσεων (Ψ.Τ.Α.). (Image Enhancement).

Οι αλγόριθμοι αυτοί αξιοποιώντας τις βασικές αρχές της Φωτοερμηνευτικής / Τηλεπισκοπικής Μεθοδολογίας αποσκοπούν σε βελτιώσεις της εμφάνισης / παρουσίας σε εκτυπώσεις ή σε οθόνες Η/Υ, στοιχείων, χαρακτηριστικών και προτύπων τα οποία σχετίζονται με οποιοδήποτε τρόπο με τα Φυσικά Διαθέσιμα της περιοχής και είναι:

σημειακού χαρακτήρα,
γραμμικού χαρακτήρα,
επιφανειακού χαρακτήρα,
χωρικού χαρακτήρα,
φασματικού χαρακτήρα και
χρονικού χαρακτήρα

- (α) είτε με τροποποιήσεις των Ψηφιακών Τιμών της κάθε στοιχειώδους επιφάνειας εικόνας (pixel) ανεξάρτητα απ' τις Ψηφιακές Τιμές (ΨΤ) της περιβαλλουσών της στοιχειωδών επιφανειών,
- (β) ή με τροποποιήσεις των ΨΤ κάθε pixel σε σχέση με τις ΨΤ των περιβαλλόντων τους pixels.

Οι συνήθεις τεχνικές Ενίσχυσης/Βελτίωσης Ψ.Τ.Α. είναι:

- 4.1. Η ενίσχυση/βελτίωση της διαβάθμισης του τόνου μιας Ψ.Τ.Α., (Contrast Enhancement)

- 4.2. Οι ψευδοχρωματικές ενισχύσεις/βελτιώσεις μιας Ψ.Τ.Α. όπως η τεμαχιοποίηση της πυκνότητας (Density Slicing)
- 4.3. Η ενίσχυση/βελτίωση μιας ψ.τ.α. μέσω αριθμητικών πράξεων (πρόσθεσης, αφαιρέσης, πολλαπλασιασμού και διαίρεσης Ψ.Τ.Α.)
- 4.4. Η ενίσχυση των ακμών (Edge Enhancement)
- 4.5. Το φιλτράρισμα (Filtering) μιας Ψ.Τ.Α.
- 4.6. Άλλοι ειδικοί μετασχηματισμοί μιας Ψ.Τ.Α. (όπως π.χ. η ανάλυση των κυρίων συνιστωσών/Principal Component Analysis, ο δείκτης βλάστησης/Vegetation Index, ο μετασχηματισμός Kauth-Thomas/Tasseled Cap, ο μετασχηματισμός πολλαπλής διακριτικής ανάλυσης/Multiple Discriminant Analysis, ο μετασχηματισμός H, S, I/Hue, Saturation, Intensity, ο μετασχηματισμός Fourier, κ.λ.π.)

O J. Jensen (1986) περιλαμβάνει στις τεχνικές ενίσχυσης/βελτίωσης μιας Ψ.Τ.Α. και τις διαδικασίες μεγέθυνσης και σμίκρυνσής της, οι οποίες υποβοηθούν στην ειδικότερη λεπτομερειακή προσέγγιση μέρους της, αλλά και στην συνοπτική συνολική θεώρησή της, (που θα ήταν αδύνατη με τις δοσμένες δυνατότητες π.χ. επίδειξής της (display) στο monitor ενός συστήματος Ψ.Ε.Τ.Α.) αντίστοιχα, καθώς επίσης και τον υπολογισμό σε μορφή ιστογράμματος των Ψηφιακών Τιμών των pixels κατά μήκος μιας ενδιαφέρουσας τομής μιας Ψ.Τ.Α.

Αλλά για όλες αυτές τις τεχνικές και για την ταξινόμηση Ψ.Τ.Α. καθώς επίσης και για τις εφαρμογές τους στη διερεύνηση των Φυσικών Διαθεσίμων και την Παρακολούθηση του Περιβάλλοντος ο ενδιαφερόμενος μελετητής θα πρέπει να ανατρέξει στις λεπτομερέστερες αναλύσεις της ακόλουθης βιβλιογραφίας και βεβαίως όχι μόνον αυτής.

4.1. Ενίσχυση - Βελτίωση της διαβάθμισης (contrast) του τόνου μιας τηλεπισκοπικής απεικόνισης

Κάθε τηλεπισκοπική απεικόνιση της φυσικής γήινης επιφάνειας (φ.γ.ε.) όπως γνωρίζουμε, είναι μια συνεχής, (συμβατική αεροφωτογραφία), ή ασυνεχής, (ψηφιακή πολυφασματική τ.α.), συνάρτηση των εντάσεων της ανακλώμενης/εκπεμπόμενης φυσικής, ή επιστρέφουσας τεχνητής ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας από τα αντικείμενα / στοιχεία / χαρακτηριστικά / εμφανίσεις / φαινόμενα και συμβάντα τα οποία συγκροτούν την φ.γ.ε., ή τελούνται και εξελίσσονται αντίστοιχα σ'αυτήν.

Πολύ συχνά όμως διαφορετικά αντικείμενα / στοιχεία / χαρακτηριστικά / εμφανίσεις / φαινόμενα / συμβάντα μιας Ψ.Τ.Α. αντί π.χ. να ανακλούν / εκπέμπουν αντίστοιχα, διαφορετικά ποσά φυσικής ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας, (συντελώντας έτσι στην απεικόνισή τους με διαφορετικές φωτεινότητες / διαβαθμίσεις του τόνου / Ψηφιακές Τιμές), ανακλούν / εκπέμπουν ίδια περίπου ποσά ΗΜΑ με αποτέλεσμα να έχουμε μια ποιοτικά υποβαθμισμένη, με μικρές τονικές διαφορές Ψηφιακή Τηλεπισκοπική Απεικόνιση, μ'άλλα λόγια μια εικόνα με χαμηλή διαβάθμιση του τόνου (low contrast). Σε μια τέτοια κακής ποιότητας Ψηφιακή Τηλεπισκοπική Απεικόνιση τα σημειακά, γραμμικά, επιφανειακά, χωρικά, φασματικά και/ή χρονικά στοιχεία / χαρακτηριστικά / πρότυπα, τα οποία σχετίζονται με οποιοδήποτε τρόπο με τις διαδικασίες γένεσης / συγκέντρωσης, εξέλιξης, ή και μετασχηματισμού δια μέσου του χρόνου ή/και με την παρέμβαση του ανθρώπου συγκεκριμένων φυσικών διαθεσίμων άρα και των υδατικών (και συνεπώς θα μπορούσαν να δώσουν ενδιαφέρουσες πληροφορίες για την "διάκριση" / "ανίχνευση" τους), ισοπεδώνονται, απαμβλύνοντας πολύτιμες διαφορές/μεταβολές/συσχετίσεις τους με το περιβάλλον.,

Αντί λοιπόν μια Ψ.Τ.Α. να αξιοποιεί κατά την συγκρότησή της σ'ένα σύνθετο 8 bit σύστημα Ψ.Ε.Τ.Α., τις 256 (2⁸) Ψηφιακές Τιμές από ΨΤ=0 (μαύρο) ως ΨΤ=255 (λευκό) ώστε να διαφορίζονται κατά τον καλύτερο δυνατό τρόπο οι λεπτομέρειές της, στην πράξη ισοπεδώνει γειτονικές διαφορές του τόνου και περιορίζεται στην αξιοποίηση ενός στενότερου πεδίου Ψηφιακών Τιμών από την ΨΤmin ως την ΨΤmax.

όπου $\Psi T_{\min} > 0$ ή και $\Psi T_{\min} \gg 0$
 και $\Psi T_{\max} < 255$ ή και $\Psi T_{\max} \ll 255$

Μια πρώτη λοιπόν δυνατότητα βελτίωσης/ενίσχυσης της Ψ.Τ.Α. θα μπορούσε να προκύψει με μια Επέκταση της Διαβάθμισης Τόνου της.

(Ρόκος, Δ. 1989, όπου και αναλυτική παρουσίαση της Γραμμικής Επέκτασης Διαβάθμισης Τόνου, της Τεχνικής Ισοδυναμοποίησης του Ιστογράμματος, κ.λ.π.)

4.2. Ψευδοχρωματικές Ενισχύσεις / Βελτιώσεις μιας Ψηφιακής Τηλεπισκοπικής Απεικόνισης. Τεμαχιοποίηση Πυκνότητας (Density Slicing)

Οι Ψευδοχρωματικές (Pseudocolour εδώ και όχι False Colour) Ενισχύσεις / Βελτιώσεις μιας Ψ.Τ.Α., αποσκοπούν στην μετατροπή της από μαυρόασπρη σε έγχρωμη, (όχι βέβαια με φυσικά χρώματα, αλλά ούτε και με σκόπιμα παραποιημένα χρώματα όπως η έγχρωμη υπέρυθρη Ψ.Τ.Α.), ώστε να γίνεται δυνατή η αξιοποίηση όλων των τιμών του πεδίου των Ψηφιακών Τιμών (π.χ. των $2^8 = 256$, από 0-255), ή συγκεκριμένων τμημάτων του ως αποχρώσεων χρωμάτων, στο βαθμό που η δυνατότητα οπτικής αντίληψης διαφορετικών τόνων του γκριζου σε μια μαυρόασπρη τηλεπισκοπική απεικόνιση στην καλύτερη περίπτωση δεν μπορεί να υπερβεί τις 16 Ψηφιακές Τιμές.

Έτσι η τεχνική Τεμαχιοποίησης της Πυκνότητας (Density Slicing) αντιστοιχεί συγκεκριμένα, σε ορισμένα διαδοχικά πεδία Ψηφιακών Τιμών / τόνων του γκριζου, διαφορετικές χρωματικές αποχρώσεις, αυξάνοντας στην πράξη, (ιδιαίτερα αν γίνει σωστή επιλογή των χρωματικών αποχρώσεων) τη δυνατότητα διάκρισης διαφορετικών ομοιογενών ζωνών.

Το γεγονός ότι επιλέγονται συνήθως αυθαίρετα τα διαδοχικά τμήματα του πεδίου Ψηφιακών Τιμών μέσα στα οποία μπορεί να "χωνεύονται" αντικειμενικά γειτονικές φασματικές υπογραφές, (εν τούτοις διαφορετικών στοιχείων/ εμφανίσεων / χαρακτηριστικών της φυσικής γήινης επιφάνειας), έχει ως αναπόδραστη συνέπεια την απώλεια πληροφορίας.

Είναι όμως δυνατή η επιλογή των διαδοχικών τμημάτων του πεδίου Ψηφιακών Τιμών της αρχικής Ψ.Τ.Α., με όχι αυθαίρετο τρόπο, αλλά με αξιοποίηση πληροφοριών που μπορούμε να πάρουμε, απ'τη μελέτη του αρχικού Ιστογράμματος (Ιστογράμματος της αρχικής Ψ.Τ.Α.), για τις ομοιογενείς ζώνες, με βάση τις διακριτές λόγω π.χ. ενδεχομένου διμορφικού (bimodal), τριμορφικού (trimodal) κ.λ.π. Ιστογράμματος, ζώνες.

Σ'αυτήν την περίπτωση η τελική Ψ.Τ.Α. μετά την εφαρμογή της Τεμαχιοποίησης της Πυκνότητας θα είναι εμφανώς βελτιωμένη και θα διευκολύνει σημαντικά την φωτοερμηνευτική ανάλυση και στη διαδικασία π.χ. οριοθέτησης υδατικών μαζών με διαφορετικά είδη ροής, με διαφορετικές συστάσεις/περιεκτικότητες σε φερτά υλικά/ρυπαντές κ.λ.π. ή και με διαφορετικές θερμοκρασίες.

4.3. Ενίσχυση / Βελτίωση μιας πολυφασματικής Ψ.Τ.Α. μέσω αριθμητικών πράξεων των συνιστωσών της.

Μια ψηφιακή τηλεπισκοπική απεικόνιση της φυσικής γήινης επιφάνειας δεν είναι τίποτε άλλο παρά ένας τρισδιάστατος ορθογωνικός πίνακας αριθμών στον οποίο:

οι μεν άξονες των x και y αποτελούν ορθογώνιο σύστημα αναφοράς χωρικών χαρακτηριστικών / διαστάσεων, (της θέσης δηλαδή και του μεγέθους κάθε στοιχειώδους επιφάνειας εικόνας / pixel, η οποία αντιστοιχεί - σε μια συγκεκριμένη φασματική περιοχή στο στιγμιαίο πεδίο όρασης IFOV, του πολυφασματικού σαρωτή),

ο δε άξονας των z , άξονα αναφοράς των Ψηφιακών Τιμών των pixels, οι οποίες αποδίδουν ποσοτικά τα μεγέθη της ανακλώμενης / εκπεμπόμενης ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας, από κάθε στιγμιαίο πεδίο όρασης της φυσικής

γήινης επιφάνειας με τα οποία αυτό καταγράφεται αντίστοιχα σε κάθε κανάλι της Ψ.Τ.Α.

Το εύρος των Ψηφιακών Τιμών μιας ψηφιακής πολυφασματικής τηλεπισκοπικής απεικόνισης (που είναι ακέραιοι αριθμοί) καθορίζεται από την Ραδιομετρική Διαχωριστική Ικανότητα του τηλεπισκοπικού δέκτη/συστήματος.

Μπορούν λοιπόν να κυμαίνονται οι Ψηφιακές Τιμές, (μέγεθος ανάλογο της κλίμακας των διαβαθμίσεων φωτεινότητας, ή των τόνων του γκριζου μιας συμβατικής ασπρόμαυρης αεροφωτογραφίας), από:

0-63	για Ραδιομετρική Διαχωριστική Ικανότητα δέκτη 6bits	$(2^6 = 64)$
0-127	για Ραδιομετρική Διαχωριστική Ικανότητα δέκτη 7bits	$(2^7 = 128)$
0-255	για Ραδιομετρική Διαχωριστική Ικανότητα δέκτη 8bits	$(2^8 = 256)$
0-511	για Ραδιομετρική Διαχωριστική Ικανότητα δέκτη 9bits	$(2^9 = 512)$
0-1023	για Ραδιομετρική Διαχωριστική Ικανότητα δέκτη 10bits	$(2^{10} = 1024)$

Οι Ραδιομετρικές Διαχωριστικές Ικανότητες των κυριότερων διαστημικών πολυφασματικών τηλεπισκοπικών σαρωτών οι οποίοι έχουν καλύψει με απεικονίσεις και το χώρο της Ελλάδας είναι:

για τον πολυφασματικό σαρωτή MSS του LANDSAT (για κάθε ένα από τα 4 κανάλια του)	6 bits
για τον πολυφασματικό σαρωτή TM του LANDSAT (για κάθε ένα από τα κανάλια του 1,2,3,4,5 και 7)	8 bits
για τον πολυφασματικό σαρωτή HRV του SPOT (για κάθε ένα από τα 3 κανάλια του) και 6 bits για το παγχρωματικό	8 bits
για τον πολυφασματικό σαρωτή AVHRR του NOAA/TIROS (για κάθε ένα από τα 5/AVHRR 2 κανάλια του)	10 bits

Τα μεγέθη της ανακλώμενης / εκπεμπόμενης ακτινοβολίας από τα συγκεκριμένα στοιχεία / χαρακτηριστικά / εμφανίσεις της φυσικής γήινης επιφάνειας, εξαρτώνται όπως είναι φυσικό, πέρα απ'τις φυσικές, χημικές και βιολογικές ιδιότητες αυτών καθ' εαυτών των υπό διερεύνηση αντικειμένων / συμβάντων και από μια σειρά άλλους παράγοντες, (π.χ. το τοπογραφικό ανάγλυφο, η μορφή και η ένταση του κυματισμού των υδάτινων μαζών, η γεωμορφολογία της περιοχής, το ύψος και η διεύθυνση του ήλιου, η ένταση της εκπεμπόμενης ακτινοβολίας, οι σκιές, το είδος και η μορφή της επιφανειακής διάβρωσης, η διεύθυνση πτήσης, η φάση της γεωπονικής διαδικασίας στις καλλιέργειες κ.λ.π.)

Ο επηρεασμός αυτός συνεπάγεται αυτονόητα δυσχέρειες στη φωτοερμηνευτική ανάλυση οι οποίες όμως μπορούν σε ένα σημαντικό βαθμό να αρθούν με εφαρμογή απλών αριθμητικών πράξεων (και κυρίως της αφαίρεσης και της διαίρεσης) στις κατάλληλες κάθε φορά και για κάθε εφαρμογή συνιστώσες (κανάλια) μιας πολυφασματικής ψηφιακής τηλεπισκοπικής απεικόνισης.

Ετσι μπορούμε να έχουμε βελτιώσεις / ενισχύσεις της αρχικής πολυφασματικής Ψ.Τ.Α. με τα παρακάτω χαρακτηριστικά:

4.3.1. Πρόσθεση Ψ.Τ.Α.

Με την πρόσθεση περισσότερων της μιας Ψ.Τ.Α. της ίδιας περιοχής που πάρθηκαν την ίδια μέρα και ώρα και στη συνέχεια με τη διαίρεση του αθροίσματός τους με τον αριθμό τους, μπορούμε να έχουμε ως τελική Ψ.Τ.Α. μια βελτιωμένη εικόνα, η οποία ως μέσος όρος των συνιστωσών της, (καναλιών), θα είναι σε μεγάλο βαθμό απαλλαγμένη απ'την

συνολική κατανομή του θορύβου, στο βαθμό που αυτός μπορεί να είναι θετικός ή και αρνητικός για κάθε κανάλι. (Ρόκος, Δ. 1989).

4.3.2. Αφαίρεση Ψ.Τ.Α.

Μια προφανής δυνατότητα βελτίωσης / ενίσχυσης μιας πολυφασματικής Ψ.Τ.Α. προκύπτει με την Αφαίρεση:

- (α) είτε δύο, (των κατάλληλων κάθε φορά και για κάθε ειδική εφαρμογή), συνιστώσών της, (που προφανώς πάθησαν την ίδια μέρα και ώρα), οπότε, με τον μηδενισμό των Ψηφιακών Τιμών των ίδιων στοιχείων / χαρακτηριστικών / εμφανίσεων, (που παρουσιάζουν σε μεγάλο βαθμό ομοιογένεια σ'αυτές), αναδεικνύονται και ενισχύονται στην τελική ψηφιακή τηλεπισκοπική απεικόνιση οι περιοχές των "διαφορετικότητων",
- (β) ή δύο καναλιών, (των κατάλληλων κάθε φορά και για κάθε ειδική εφαρμογή), δύο πολυφασματικών τηλεπισκοπικών απεικονίσεων της ίδιας περιοχής οι οποίες πάθησαν σε διαφορετικές ημερομηνίες (τον ίδιο χρόνο), ή σε διαφορετικά χρόνια (την ίδια ημερομηνία), οπότε με τον μηδενισμό των Ψηφιακών Τιμών των ίδιων στοιχείων / χαρακτηριστικών / εμφανίσεων που παραμένουν σταθερά, (π.χ. άγονες ορεινές βραχώδεις εκτάσεις), αναδεικνύονται / ενισχύονται οι εποχιακές ή ετήσιες μεταβολές που αφορούν αντίστοιχα εφαρμογές και ενδιαφέρουν τους ειδικούς επιστήμονες, σχετικά με την γεωργία, τη δασολογία, και τα σχετικά φυσικά διαθέσιμα, αλλά και την προστασία του περιβάλλοντος, την παρακολούθηση, της εξέλιξης μεγάλων τεχνικών έργων, της εφαρμογής αναπτυξιακών προγραμμάτων κ.λ.π. (Ρόκος, Δ. 1989).

4.3.3. Διαίρεση Ψ.Τ.Α. (Image Division ή Ratio)

Οι δυνατότητες φωτοερμηνευτικής ανάλυσης μιας πολυφασματικής ψηφιακής τηλεπισκοπικής απεικόνισης περιορίζονται συχνά απ'το γεγονός ότι συγκεκριμένα όμοια αντικείμενα και είδη ή/και τμήματα μιας και της αυτής ομοιογενούς ζώνης (π.χ. συγκεκριμένης χρήσης / κάλυψης γης), ανακλούν / εκπέμπουν με διαφορετικό τρόπο και ένταση την προσπίπτουσα σ'αυτά ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία, προκαλώντας έτσι όπως έχουμε ήδη αναφέρει και προηγουμένως, την διαφορετική απεικόνισή τους (με διαφορετικούς τόνους του γκριζου / διαφορετικές Ψηφιακές Τιμές), στην τηλεπισκοπική απεικόνιση.

Αιτίες γ'αυτό όπως είναι γνωστό, είναι: το τοπογραφικό ανάγλυφο, η διαφορετική υγρασία, οι εποχιακές μεταβολές που επηρεάζουν τόσο την πηγή της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας όσο και τις διαδικασίες και φαινόμενα που τελούνται και εξελίσσονται στην φυσική γήινη επιφάνεια, η σχέση διεύθυνσης των κύριων γραμμικών / επιφανειακών / χωρικών χαρακτηριστικών της περιοχής με την διεύθυνση πτήσης κ.λ.π.

Η διαίρεση δύο κατάλληλων κάθε φορά και για κάθε ειδική εφαρμογή συνιστώσων (καναλιών) της Ψ.Τ.Α. είναι δυνατό να μας απαλλάξει σε ορισμένες περιπτώσεις απ'την παραμορφωτική της πραγματικότητας επίδραση των παραπάνω παραγόντων.

$$\text{Έτσι ο λόγος: } \hat{\Theta}_{ij}^{\ddot{e}} = \frac{\hat{\Theta}_{ij, \ddot{o}_1}}{\hat{\Theta}_{ij, \ddot{o}_i}}$$

μας δίνει την Ψηφιακή Τιμή του pixel j μιας βελτιωμένης εικόνας στη γραμμή i ως πηλίκου των Ψηφιακών Τιμών του ίδιου pixel, στη συνιστώσα - εικόνα της Ψ.Τ.Α. στη φασματική περιοχή φ_ν (κανάλι φ_ν) και στη συνιστώσα της στη φασματική περιοχή φ_μ (κανάλι φ_μ).

Για να ξεπεράσουμε τα προβλήματα στο οριακό σημείο του πεδίου των τιμών του λόγου από $\frac{1}{255}$ ως $\frac{255}{1}$, όταν δηλαδή $\Psi_{T_{i,j},\varphi_V} = 0$ και $\Psi_{T_{i,j},\varphi_M} = 0$, είτε

αντικαθιστούμε την τιμή αυτή με τη μονάδα, ή προσθέτουμε στον παρανομαστή $\Psi_{T_{i,j},\varphi_M}$ την ελάχιστη ποσότητα 0,1 ώστε να είναι δυνατή η διαίρεση.

Ο M.B. Satterwhite (1984), αναφέρει στη σχετική έρευνά του (Ρόκος, Δ. 1989) τη διαπίστωση, ότι πέρα απ' την αλλαγή ή συμπίεση των θορύβων, ο λόγος δύο καναλιών μπορεί να δώσει μια βελτιωμένη / ενισχυμένη Ψ.Τ.Α. πλουσιότερη σε πρωτογενείς πληροφορίες, (οι οποίες δεν προκύπτουν απ' την φωτοερμηνευτική ανάλυση κανενός απ' τα δύο κανάλια των συνιστωσών του λόγου), για τη διάκριση περιοχών εδαφών από περιοχές βλάστησης.

Πολλοί ερευνητές (Curran, P. 1985) χρησιμοποίησαν με επιτυχία λόγους όπως:

α) $\frac{\text{κανάλι πράσινης ανακλαστικότητας LANDSAT MSS}}{\text{κανάλι κόκκινης ανακλαστικότητας LANDSAT MSS}}$
για τον εντοπισμό κόκκινων εδαφών και αποθέσεων μεταλλευμάτων σιδήρου,

β) $\frac{1_0 \text{ κανάλι εγγύς υπέρυθρου LANDSAT MSS}}{2_0 \text{ κανάλι εγγύς υπέρυθρου LANDSAT MSS}}$
για την ελαχιστοποίηση της επίδρασης της φυτοκάλυψης

γ) $\frac{\text{κανάλι κόκκινης ανακλαστικότητας LANDSAT MSS}}{2_0 \text{ κανάλι εγγύς υπέρυθρου LANDSAT MSS}}$
για την εκτίμηση του ποσού βλάστησης.

(Ρόκος, Δ. 1989, όπου και αναλυτικότερη επεξήγηση εφαρμογών του λόγου σε παραδείγματα διερεύνησης φυσικών διαθεσίμων).

Σε κάθε περίπτωση, η προσεκτική μελέτη των διαγραμμάτων των συναρτήσεων της ανακλαστικότητας συγκεκριμένων αντικειμένων / ειδών / εμφανίσεων / χαρακτηριστικών της φυσικής γήινης επιφάνειας, ως προς το μήκος κύματος λ, μπορεί να βοηθήσει τον μελετητή/ερευνητή στην επιλογή της καλύτερου λόγου.

4.4. Η Ενίσχυση των Ακμών, (γραμμικών χαρακτηριστικών) μιας Ψ.Τ.Α.

Η φωτοερμηνευτική ανάλυση των δομικών στοιχείων / χαρακτηριστικών μιας συγκεκριμένης περιοχής, όπως αυτά απεικονίζονται σε μια ή περισσότερες ψηφιακές τηλεπισκοπικές απεικονίσεις, είναι φανερό ότι διευκολύνεται τα μέγιστα, αν τα όρια των στοιχείων και χαρακτηριστικών αυτών ενισχυθούν κατάλληλα, ώστε να παρουσιάζονται ευδιάκριτα τονισμένα, στις ειδικές βελτιωμένες έτσι Ψ.Τ.Α.

Η Ενίσχυση των Ακμών (γραμμικών χαρακτηριστικών) μιας Ψ.Τ.Α. μπορεί να γίνει, είτε με γραμμικές μεθόδους (Linear Edge Enhancement), ή με μη γραμμικές μεθόδους (Non Linear Edge Enhancement).

Περισσότερα και αναλυτικότερα για την Γραμμική και τη μη Γραμμική Ενίσχυση των Ακμών μιας Ψ.Τ.Α. (π.χ. ορίων μεταξύ δύο διαφορετικών πετρωμάτων ή εδαφικών τύπων), μπορεί να βρει ο ενδιαφερόμενος μελετητής στη σχετική βιβλιογραφία. (Ρόκος, Δ. 1989).

4.5. Φιλτράρισμα μιας ψηφιακής τηλεπισκοπικής απεικόνισης

Η ψηφιακή επεξεργασία Φιλτραρίσματος (Filtering) μιας Ψ.Τ.Α. αποσκοπεί στην ενίσχυση / βελτίωσή της, είτε με την απόκρυψη ή συμπίεση ορισμένων χωρικών συχνοτήτων και γραμμικών χαρακτηριστικών που εμποδίζουν ή δυσχεραίνουν την φωτοερμηνευτική ανάλυση άλλων ενδιαφερόντων στοιχείων, (π.χ. οδικό ή αρδευτικό δίκτυο σε σχέση με γεωλογικά ρήγματα), ή με την ενίσχυση των χωρικών συχνοτήτων

και των γραμμικών χαρακτηριστικών που κυρίως μας ενδιαφέρουν, (όρια Μοναδιαίων Ιδιοκτησιών / Χρήσεων / Εκμεταλλεύσεων Γης Μ.Ι.Χ.Ε.Γ., όρια εμφανίσεων υδατικών διαθεσίμων κ.λ.π.)

Η διαδικασία και τεχνική που ακολουθείται για τον διαχωρισμό μιας ψηφιακής τηλεπισκοπικής απεικόνισης στις συνιστώσες διαφορετικών χωρικών συχνοτήτων είναι η Ανάλυση Fourier.

Με τον παραπάνω μετασχηματισμό Fourier (Fourier Transform) της αρχικής Ψ.Τ.Α. μπορούμε να τονίσουμε ορισμένες ενδιαφέρουσες για την φωτοερμηνευτική μας ανάλυση συνιστώσες χωρικών συχνοτήτων σε σχέση με άλλες λιγότερο ενδιαφέρουσες, παράγοντας έτσι μια τελική, ενισχυμένη Ψ.Τ.Α.

Οι σχετικοί αλγόριθμοι που χρησιμοποιούνται για μια τέτοια ενίσχυση / βελτίωση είναι τα φίλτρα (filters) και ειδικότερα:

(α) τα φίλτρα υψηλής συχνότητας και

(β) τα φίλτρα χαμηλής συχνότητας.

Τα φίλτρα υψηλής συχνότητας (High pass filters) τονίζουν, δίνουν μ'άλλα λόγια έμφαση στα χαρακτηριστικά / υψηλών χωρικών συχνοτήτων, ενισχύοντας έτσι τις επιμήκεις λεπτομέρειες και τα γραμμικά χαρακτηριστικά μιας Ψ.Τ.Α. που είναι μικρότερα απ'τον πίνακα που χρησιμοποιείται, σε βάρος των χαρακτηριστικών που είναι μεγαλύτερα.

Τα φίλτρα χαμηλής συχνότητας (Low Pass filters) απ' την άλλη μεριά, δίνουν έμφαση στα χαρακτηριστικά χαμηλών χωρικών συχνοτήτων που είναι μεγαλύτερα απ'τον πίνακα που χρησιμοποιείται, σε βάρος των χαρακτηριστικών υψηλών χωρικών συχνοτήτων που είναι μικρότερα απ'αυτόν, συντελώντας έτσι σ'ένα "μαλάκωμα", μια απάλυνση της Ψ.Τ.Α. (smoothing). (Ρόκος, Δ. 1989 όπου και αναλυτικότερη αναφορά).

4.6. Άλλοι ειδικοί μετασχηματισμοί ενίσχυσης μιας Ψ.Τ.Α.

Πολλοί απ'τους ειδικούς μετασχηματισμούς ενίσχυσης μιας Ψ.Τ.Α. που χρησιμοποιούνται στη διερεύνηση φυσικών διαθεσίμων βασίζονται, σχετίζονται ή αποτελούν εμπειρικές προεκτάσεις, αρχών, μεθόδων και τεχνικών που ήδη συζητήσαμε. Επειδή όμως η θεωρητική βάση για μερικούς απ'αυτούς υπερβαίνει τους αντικειμενικούς σκοπούς και τη λειτουργικότητα αυτού του κειμένου, στη συνέχεια για μερικούς απ'αυτούς θα περιορισθούμε στην κατανόηση της ουσίας των εννοιών, των φυσικών μεγεθών και των σχετικών διαδικασιών, ώστε ο μελετητής, αξιοποιώντας και τη σχετική βιβλιογραφία που δίνεται, να μπορεί να εκτιμήσει την χρησιμότητά τους στα ειδικότερα προβλήματα που τον ενδιαφέρουν στις εφαρμογές της Φωτοερμηνείας/Τηλεπισκόπησης στην Υδρολογία.

4.6.1. Ανάλυση των Κύριων Συνιστωσών μιας Ψ.Τ.Α.

Είναι γνωστό ότι οι ψηφιακές τηλεπισκοπικές απεικονίσεις ενός τμήματος της φυσικής γήινης επιφάνειας σε διαφορετικές φασματικές περιοχές (διαφορετικά κανάλια), μπορεί να συσχετίζονται μεταξύ τους σε μεγάλο ή μικρότερο βαθμό.

Συνήθως, ειδικότερα, οι απεικονίσεις σε γειτονικές φασματικές περιοχές συσχετίζονται σε μεγάλο βαθμό, γ'αυτό και η ενδόμυχη επιθυμία των μελετητών - σε πρώτο επίπεδο - να μπορούσαν να αντιλαμβάνονται ταυτόχρονα στη διαδικασία της φωτοερμηνευτικής ανάλυσης τις ειδοποιούς δυνατότητες όλων των καναλιών, ευτυχώς περιορίζεται αντικειμενικά λόγω του συσχετισμού αυτού, γιατί αλλιώς, περιττός κόπος, χρόνος και σύγχυση για την ανάλυση όλων των στοιχείων θα δυσχέραιναν το έργο τους.

Στις πολυφασματικές π.χ. Ψ.Τ.Α. μιας περιοχής με κύριο χαρακτηριστικό τη βλάστηση, μελετώντας το διάγραμμα της καμπύλης της φασματικής ανακλαστικότητάς της σε συνάρτηση με το μήκος κύματος του κάθε καναλιού, διαπιστώνουμε εύκολα, τον θετικό τρόπο συσχέτισης στα κανάλια που ευαισθητοποιούνται στις ακτινοβολίες του ορατού φωτός και τον αρνητικό τρόπο συσχέτισης μεταξύ των καναλιών του ορατού ερυθρού και του ορατού ανακλώμενου υπέρυθρου.

Η εξήγηση είναι φανερή σε επίπεδο φυσικών μεγεθών και διεργασιών, μια που η ανακλαστικότητα της βλάστησης στην περιοχή του ορατού ερυθρού καναλιού είναι τόσο μικρότερη, όσο αυξάνεται η ζωντάνια και το σφρίγος της, μ'άλλα λόγια "ο βαθμός του πρασίνου", ενώ το αντίθετο συμβαίνει στην περιοχή του ορατού ανακλώμενου υπέρυθρου.

Με τον ειδικό μετασχηματισμό της Ανάλυσης των Κύριων Συνιστωσών (Principal Components Analysis) μιας Ψ.Τ.Α., η ενίσχυση/βελτίωσή της επιτυγχάνεται με μια στατιστικής μορφής συμπύκνωση των στοιχείων.

Η συμπύκνωση αυτή, με βάση τα παραπάνω, θα μπορούσε να γίνει μέσω ενός στατιστικού μετασχηματισμού των στοιχείων κάθε καναλιού ώστε τα κύρια ειδοποιά πληροφοριακά τους στοιχεία να μπορούν να συντεθούν σε μια νέα ψηφιακή τηλεπισκοπική απεικόνιση.

Στην περίπτωση δύο πλήρως συσχετισμένων μεταβλητών x και ψ καλύτερα, οπότε τα σημεία κείνται σε μια ευθεία γραμμή με αρχή την αρχή των αξόνων x και ψ , αλλά και στην περίπτωση μεγάλης θετικής συσχέτισης των μεταβλητών x και ψ , οπότε η διασπορά των σημείων καθορίζει την κύρια διεύθυνση της μεταβλητότητας (variability) και την δευτερεύουσα (την κάθετη στην πρώτη), η βελτίωση της Ψ.Τ.Α. με την μέθοδο της Ανάλυσης των Κύριων Συνιστωσών δεν είναι τίποτε άλλο παρά η τεχνική της αντικατάστασης του συστήματος των αρχικών αξόνων των καναλιών x και ψ , με ένα άλλο, μ'αυτό δηλαδή της κύριας και δευτερεύουσας διεύθυνσης της μεταβλητότητας στο οποίο αποδίδεται πιστότερα η ουσιώδης πληροφορία της συγκεκριμένης τηλεπισκοπικής απεικόνισης.

4.6.2. Ο μετασχηματισμός Πολλαπλής Διακριτικής Ανάλυσης

Πολλαπλή, Διακριτική Ανάλυση (Multiple Discriminant Analysis) είναι η διαδικασία και τεχνική ενίσχυσης / βελτίωσης μιας Ψ.Τ.Α. η οποία έχει ως σκοπό τον ορισμό του βέλτιστου συνόλου γραμμικών μαθηματικών συναρτήσεων για την διάκριση ενός συνόλου c ομάδων αντικειμένων / χαρακτηριστικών / εμφανίσεων, και πιο πέρα την απόδοση / αντιστοίχιση μιας νέας παρατήρησης σε μια απ'τις c αυτές ομάδες με την μικρότερη πιθανότητα λάθους.

Οι γραμμικές συναρτήσεις (discriminant functions), όπως είναι φανερό, μπορούν να ορισθούν με βάση την πληροφορία από τους αντίστοιχους επιμέρους επίγειους ελέγχους (ή πεδία εξάσκησης της διαδικασίας ταξινόμησης μιας Ψ.Τ.Α.) και ένα κανόνα απόφασης (decision rule).

Οι συναρτήσεις αυτές αναπαριστούν άξονες συντεταγμένων σ'ένα ϕ διαστάσεων χώρο ο οποίος ορίζεται απ'τις ϕ φασματικές περιοχές στις οποίες απεικονίζεται στην αρχική Ψ.Τ.Α. η περιοχή ενδιαφέροντός μας.

Όπως και στη διαδικασία ενίσχυσης μιας Ψ.Τ.Α. με τη μέθοδο της Ανάλυσης των Κύριων Συνιστωσών, στον μετασχηματισμό της Πολλαπλής Διακριτικής Ανάλυσης επιδιώκουμε τη συσχέτιση των ϕ φασματικών περιοχών και των αξόνων των γραμμικών διακριτικών συναρτήσεων και τον υπολογισμό, ως προς το σύστημα των δεύτερων, των διανυσμάτων των pixels.

Η κύρια χρησιμότητα της Πολλαπλής Διακριτικής Ανάλυσης, για την διεξοδικότερη μελέτη της οποίας ο ενδιαφερόμενος θα πρέπει να ανατρέξει στον P.Mather (1987), ανάγεται στην προσπάθεια μεγιστοποίησης των εσωτερικών διαφορών σε μια κατηγορία στοιχείων / χαρακτηριστικών / εμφανίσεων, ώστε να διευκολυνθεί η φωτοερμηνευτική ανάλυση και να αυξηθούν οι δυνατότητές της, π.χ. σε εφαρμογές ταξινόμησης και διερεύνησης γεωλογικών διαθεσίμων σε εφαρμογές υδρολογίας.

5. Η Φιλοσοφία των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών Γης

Για να μπορέσει να γίνει δυνατή η προσέγγιση των σχέσεων, των αλληλεξαρτήσεων και αλληλεπιδράσεων μεταξύ μετρητικών και ποιοτικών στοιχείων και χαρακτηριστικών της φυσικής και της κοινωνικοοικονομικής πραγματικότητας μιας περιοχής/περιφέρειας αλλά και η εκτίμηση του "μέτρου", "των μεγεθών", και των "τάσεων" μεταβολών τους, οι επιστήμονες και οι ερευνητές της γης και του περιβάλλοντος είναι υποχρεωμένοι να συνεκτιμήσουν και/ή να συγκρίνουν πολλά και ποικίλα, συνήθως ετεροβαρούς ακριβείας και με μεγάλες μεταξύ τους χρονικές αποκλίσεις στοιχεία όπως π.χ.

- τοπογραφικά διαγράμματα
- ψηφιακά μοντέλα αντικειμένου/εδάφους και/ή παράγωγες επεξεργασίες τους
- θεματικούς χάρτες
- αεροφωτογραφίες και επίγειες φωτογραφίες
- βιντεολήψεις
- ψηφιακές δορυφορικές τηλεπισκοπικές απεικονίσεις
- πορίσματα επιγείων αποδόσεων/ελέγχων
- στατιστικές απογραφές
- πληροφορίες από φωτοερμηνευτικές αναλύσεις και ψηφιακές επεξεργασίες τηλεπισκοπικών απεικονίσεων κ.λ.π.
- στοιχεία ειδικών βάσεων δεδομένων

Για να χειρισθούμε αυτά τα χωρικά δεδομένα (spatial data) πρέπει να τα "αναλύσουμε" (ή να τα αναφέρουμε) σε μικρά/μοναδιαία πολυγωνικά στοιχεία, ή σε κανονικά μοναδιαία τετραγωνικά στοιχεία ενός δικτύου/καννάβου τα οποία να προσαρμόζονται με "κάποιο" τρόπο στη φυσική γήινη επιφάνεια και τις πολυδιάστατες (ανάλογα με την επιστημονοτεχνική τους προσέγγιση ή την συγκεκριμένη εφαρμογή), "μονάδες" της.

Τέτοιες μονάδες μπορεί να είναι π.χ.:

- ιδιοκτησίες,
- χρήσεις/καλύψεις γης,
- εκμεταλλεύσεις γης,
- διοικητικές μονάδες,
- γεωλογικές ενότητες/εμφανίσεις.,
- εδαφολογικές ενότητες/εμφανίσεις,
- οικιστικές ενότητες,
- γεωμορφολογικές ενότητες/τοπία,
- οικολογικές ενότητες,
- περιβαλλοντικές ενότητες κ.λ.π.

Η συσχέτιση/σύγκριση/αναφορά αυτή αντικειμενικά διευκολύνεται σε κάποιο βαθμό αν τα στοιχεία:

- (α) μπορούν να αναχθούν σε κοινό επίπεδο αναφοράς (π.χ. χάρτες διαφορετικών κλιμάκων να αποκτήσουν ενιαία κλίμακα), ώστε να συσχετίζονται με επίθεση διαφανειών τους,
- (β) μπορούν να διορθώνονται και να ανάγονται κατάλληλα, (π.χ. μονοεικονική φωτοαναγωγή πρόσφατων αεροφωτογραφιών περίπου οριζοντίων / επιπέδων εδαφών), στην κλίμακα του τοπογραφικού υπόβαθρου), ώστε να καθίσταται δυνατή η συμπλήρωση / ενημέρωσή του με τις μεταβολές των οριζοντιογραφικών στοιχείων οι οποίες μεσολάβησαν από την σύνταξη του τοπογραφικού υποβάθρου ως την ημερομηνία λήψης των αεροφωτογραφιών.
- (γ) μπορούν να υποστούν τις απαραίτητες κατά περίπτωση γεωμετρικές και/ή ραδιομετρικές διορθώσεις, (π.χ. διορθώσεις ψηφιακών τηλεπισκοπικών απεικονίσεων), ώστε οι σχετικές ταξινομήσεις (classifications) να μπορούν να

συσχετισθούν αναλογικά (ως θεματικοί χάρτες) ή ψηφιακά (σε κατάλληλη μορφή) με τα υπόλοιπα διατιθέμενα στοιχεία.

- (δ) μπορούν να συνεκτυπωθούν σε ένα κοινό χαρτογραφικό υπόβαθρο, (π.χ. συγχώνευση κτηματολογικών, εδαφολογικών, γεωλογικών κ.λ.π. στοιχείων με τα οριζοντιογραφικά και υψομετρικά στοιχεία του τοπογραφικού διαγράμματος), ώστε να μπορούν ταυτόχρονα να συνεκτιμηθούν στη σχετική μελέτη/έρευνα.
- (ε) μπορούν να μετασχηματισθούν κατάλληλα, (π.χ. ποσοτικές στατιστικές απογραφές να αποδοθούν κατάλληλα σε χαρτογραφική μορφή), ώστε να γίνεται δυνατή η συσχέτιση και ολοκλήρωση ανόμοιων σε "υφή" (ή format) πληροφοριών, οι οποίες εν τούτοις συνεισφέρουν αποφασιστικά αν συνεκτιμηθούν στη διερεύνηση βασικών προβλημάτων στο χώρο της μελέτης/έρευνας.

Η διερεύνηση όμως αυτή μέχρι τις αρχές της δεκαετίας του 1970 ήταν περιορισμένη, σε μια αναλογική πρόδρομη μορφή Γεωγραφικού Συστήματος Πληροφοριών λόγω της φυσικής και νοητικής αδυναμίας του μελετητή / ερευνητή της γης και του περιβάλλοντος να αντιλαμβάνεται, να προσεγγίζει, να συνεκτιμά και να συσχετίζει ταυτόχρονα, περισσότερες από δύο ομάδες / ενότητες στοιχείων στην καταλληλότερη κατά περίπτωση χαρτογραφική ή άλλη μορφή τους.

Η ραγδαία όμως εξέλιξη της πληροφορικής που σημειώθηκε την δεκαετία του '70 με την τεράστια αύξηση των δυνατοτήτων μνήμης, αποθήκευσης και επεξεργασίας των μεγάλων, μεσαίων και μικρών υπολογιστικών συστημάτων, εκμηδένισε πρακτικά την αδυναμία αυτή του ανθρώπου, καθιστώντας δυνατή την ολοκληρωμένη προσέγγιση, ενοποίηση, ομογενοποίηση, αναγωγή, παράλληλη επεξεργασία, συνεπεξεργασία, ανταλλαγή και συσχέτιση κάθε είδους στοιχείων, χαρακτηριστικών, εμφανίσεων, διαδικασιών και φαινομένων της γης και του περιβάλλοντος τα οποία θα μπορούσαν να περιγραφούν / αποδοθούν σ'ένα τρισδιάστατο σύστημα γεωδαιτικών ή γεωγραφικών συντεταγμένων.

Έτσι, ως Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών ορίστηκε η ραγδαία αναπτυσσόμενη και εξελισσόμενη από τότε τεχνική του μετασχηματισμού τεράστιων ποσοτήτων ποιοτικών και ποσοτικών στοιχείων τα οποία αφορούν ή σχετίζονται με τη γη και το περιβάλλον σε χρήσιμες και αμέσως αξιοποιήσιμες πληροφορίες από τις διεπιστημονικές ομάδες οι οποίες αντιμετωπίζουν τα σχετικά προβλήματα, τεκμηριώνουν την σκοπιμότητα και σχεδιάζουν προγράμματα ανάπτυξης και προστασίας του περιβάλλοντος ή πραγματοποιούν τους στόχους και παρακολουθούν και αξιολογούν τις επιπτώσεις τους.

Όπως είναι φανερό, η κλίμακα των προβλημάτων, των φαινομένων, των διεργασιών και των διαδικασιών στην αντιμετώπιση ή την ανάλυση, μελέτη, έρευνα και παρακολούθηση των οποίων συνεισφέρει ένα Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών είναι "ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ" και όχι "ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΚΗ".

Έτσι το μοναδιαίο κύτταρο αναφοράς, προσέγγισης και επεξεργασίας τους, θα έπρεπε να είναι αντίστοιχα το πιο "προσφυόμενο" στη "Γη", τα "Εδάφη", σε ειδικότερα "Πεδία ενδιαφέροντος" ή "Πολιτικο-Διοικητικές ενότητες" βασικό πολύγωνο, ή με σοβαρή αφαίρεση σε όρους ακριβείας, πληρότητας και αξιοπιστίας, ένα συμβατικό πολύγωνο που για συγκεκριμένους λόγους οικονομίας (σε όρους καταγραφής, αποθήκευσης και χειρισμού των στοιχείων) θα παίρνει τη μορφή ενός τετραγώνου κατάλληλης πλευράς (π.χ. από 10x10 km έως 10x10 m).

Σύνθητες μοναδιαίο κύτταρο αναφοράς για τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών είναι το συμβατικό τετράγωνο πλευράς *a*, όπου *a* το βέλτιστο μέγεθος διάκρισης, προσέγγισης των υπό έρευνα/μελέτη προβλημάτων.

Χαρακτηριστικά παραδείγματα "ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗΣ" κλίμακας προβλημάτων στην διεπιστημονική αντιμετώπιση των οποίων μπορεί να συμβάλει ουσιαστικά ένα Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών πραγματοποιώντας μετά την απαραίτητη κωδικοποίηση των στοιχείων τους κατάλληλους χειρισμούς:

- Ανάκτησης

- Μετασχηματισμού
- Αποθήκευσης
- Έρευνας
- Ανάλυσης
- Μέτρησης
- Χαρτογράφησης
- Συσχέτισης
- Σύνθεσης των στοιχείων και
- Συγκρότησης μοντέλων

είναι:

- (α) Η συστηματική παρακολούθηση φαινομένων, διεργασιών, διαδικασιών και χαρακτηριστικών που σχετίζονται με την "πλανητική αλλαγή" (Global Change), με στόχο την συγκρότηση της απαραίτητης υποδομής ποσοτικών και ποιοτικών στοιχείων για λήψη αποφάσεων αντιμετώπισης των πολυδιάστατων προβλημάτων τα οποία αυτή συνεπάγεται (π.χ. παρακολούθηση κίνησης παγετώνων, ωκεάνιων ρευμάτων κ.λ.π.).
- (β) Η συστηματική μελέτη και ανάλυση των παραγόντων οι οποίοι προκαλούν, συντηρούν και επιταχύνουν φαινόμενα Ερημοποίησης (Desertification), με στόχο την λήψη μέτρων και την χάραξη της βέλτιστης στρατηγικής Διαχείρισης και Προστασίας Γαιών (π.χ. παράλληλη μελέτη αναγλύφου, ύψους βροχοπτώσεων, είδους και ποιότητας εδαφών κ.λ.π. σε σχέση με τη διάβρωση κ.λ.π.).
- (γ) Η συστηματική παρακολούθηση της Αποδάσωσης (Deforestation) και της Αποφύλλωσης (Defoliation), με στόχο την χάραξη μιας πλανητικής, εθνικής ή περιφερειακής πολιτικής Διαχείρισης και Προστασίας των Δασών (και ιδιαίτερα των τροπικών δασών) (π.χ. παράλληλη διερεύνηση και απογραφή μεταβολών χρήσεων γης και συσχέτισή τους με τα χαρακτηριστικά του υδρολογικού κύκλου μιας συγκεκριμένης περιοχής κ.λ.π.).
- (δ) Η συστηματική παρακολούθηση, μελέτη και εκτίμηση των πολυδιάστατων επιπτώσεων των φυσικών (πλημμύρες, σεισμοί κ.λ.π.) και τεχνητών (πυρκαϊές δασών, κηλίδες πετρελαίου, πόλεμοι, βιομηχανικά ατυχήματα κ.λ.π.) καταστροφών πάνω στο φυσικό και ανθρωπογενές περιβάλλον, με στόχο την διαμόρφωση μιας μακροπρόθεσμης και αποτελεσματικής πολιτικής Διαχείρισης και Προστασίας των Εδαφών.
- (στ) Η συστηματική έρευνα των φαινομένων Ξηρασίας, με στόχο την καλύτερη Διαχείριση των Αρδευομένων εκτάσεων (με παράλληλη αξιοποίηση στοιχείων τοπογραφίας, μετεωρολογικών δορυφόρων, στατιστικών κ.λ.π.).
- (ζ) Η συστηματική έρευνα και παρακολούθηση της αλληλεπίδρασης της Γης και της Θάλασσας και των παρακτίων διαδικασιών (Coastal Processes), με στόχο την καλύτερη προστασία του γήινου απ'το θαλάσσιο και του θαλάσσιου απ'το γήινο (και ανθρωπογενές) περιβάλλον.
- (η) Η συστηματική έρευνα και παρακολούθηση του Ορεινού Περιβάλλοντος, με στόχο την Διατήρηση και Προστασία του απ'τις ανθρώπινες, επιχειρηματικές κ.λ.π. δραστηριότητες, και τις δυσμενείς επιπτώσεις φυσικών φαινομένων και δράσεων (αποσαθρώσεων, διαβρώσεων κατολισθήσεων κ.λ.π.).
- (θ) Η συστηματική έρευνα, καταγραφή και παρακολούθηση των στοιχείων και των χαρακτηριστικών τα οποία συγκροτούν τον Αστικό και Αγροτικό Χώρο, με στόχο την διαμόρφωση της απαραίτητης/υποδομής για τον ορθολογικό, αξιόπιστο και ολοκληρωμένο Αστικό και Αγροτικό σχεδιασμό Ανάπτυξης (σ'ένα επίπεδο π.χ.: προγραμματισμού νέων έργων υποδομής, παρακολούθησης της πραγματοποίησης των στόχων αστικής / αγροτικής ανάπτυξης, παρακολούθησης των επεκτάσεων των μεγαλουπόλεων, διερεύνησης και απογραφής των υδατικών αναγκών για ύδρευση, άρδευση, βιομηχανικές διεργασίες, αναψυχή κ.λ.π.).

Έτσι σήμερα π.χ., στο πλαίσιο ενός ψηφιακού Γεωγραφικού Συστήματος Πληροφοριών το οποίο θα αξιοποιούσε με τον καλύτερο δυνατό και πιο ολοκληρωμένο τρόπο τις δυνατότητες της Πληροφορικής, της Τηλεπισκόπησης και των Ψηφιακών Επεξεργασιών Δορυφορικών Τηλεπισκοπικών Απεικονίσεων (Landsat TM, SPOT, MOS, ERS 1 κ.λ.π.) για την συστηματική παρακολούθηση φαινομένων Διάβρωσης, θα μπορούσαμε να συντάξουμε / συνθέσουμε ένα Χάρτη Επικινδυνότητας Διάβρωσης μιας ευρείας περιοχής με διαστύρωση / συσχέτιση πληροφοριών:

- τοπογραφικών και γεωμορφολογικών χαρτών
- χαρτών υφισταμένων χρήσεων / καλύψεων γης
- χαρτών μεταβολής χρήσεων / καλύψεων γης
- χαρτών διαχείρισης γαιών
- εδαφολογικών χαρτών
- χαρτών κλίσεων εδαφών
- αεροφωτογραφιών και φωτοερμηνευτικών αναλύσεων
- ψηφιακών τηλεπισκοπικών απεικονίσεων
- ψηφιακών επεξεργασιών τηλεπισκοπικών απεικονίσεων
- ψηφιακών μοντέλων του εδάφους και πανοραμικών προοπτικών τους
- στατιστικών απογραφών και επίγειων ελέγχων

Ένα βασικό πρόβλημα των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών και των Συστημάτων Πληροφοριών Γης γενικότερα τα οποία συγκροτήθηκαν και λειτουργούν ήδη στις περισσότερες προηγμένες χώρες, είναι ο ταχύτατος αλλά και σε μεγάλο βαθμό μηχανιστικός τρόπος ανάπτυξής τους σε δύο παράλληλες και ασύμβατες ενίοτε κατευθύνσεις και συγκεκριμένα:

- (α) σ'εκείνη η οποία παρακολούθησε και παρακολουθεί την ραγδαία εξέλιξη της τεχνολογίας αιχμής της Πληροφορικής και της Επιστήμης των Ηλεκτρονικών Υπολογιστών, και οδήγησε σύντομα στην ανάπτυξη "vector oriented" δυναμικών λογιστικών πακέτων (π.χ. ARC INFO, GIS 100, AutoGIS, GDMS, GEOMIPS, ERDAS GIS, GIMMS, GEO-BASE MAP, AGIS-GRAMS, TERRASOFT, SPANS, STRINGS κ.λ.π.).
- (β) σ'εκείνη η οποία κυρίως παρακολούθησε και παρακολουθεί την ραγδαία εξέλιξη της τεχνολογίας αιχμής της Τηλεπισκόπησης και των Ψηφιακών Επεξεργασιών Τηλεπισκοπικών Απεικονίσεων, και οδήγησε σύντομα στην ανάπτυξη "raster oriented" δυναμικών λογιστικών πακέτων (π.χ. ERDAS, GEMS, RIPS/VIP, MIPS, EASI/PACE, MICROPIPS, A Na.T.U.Re'S Lab. DIP tool κ.λ.π.).

Το πρόβλημα αυτό αποτελεί αναπόδραστα έκφραση της μερικότητας των "μετρητικών" κυρίως, ή των "ποιοτικών" κυρίως, προσανατολισμών των αντίστοιχων λογισμικών, η οποία προκύπτει τόσο από την "μερικότητα" της σύλληψής τους, όσο και από τον αντικειμενικά ετεροβαρή και μη ολοκληρωμένο χαρακτήρα με τον οποίο επιχειρούν να προσεγγίσουν, από το διαφορετικό περιβάλλον τους την αντικειμενικά διαλεκτική, πολυδιάστατη, συσχετισιακή και ολοκληρωμένη (ποιοτικά και μετρητικά) φύση των πληροφοριών για τα μοναδιαία δομικά κύτταρα, τα οποία συγκροτούν την ενιαία, αδιάσπαστη, συνεχώς μεταβαλλόμενη και ολοκληρωμένη φυσική και κοινωνικοοικονομική πραγματικότητα.

Πολύχρονες και πολυδάπανες έρευνες για την αντιμετώπιση του προβλήματος αυτού φαίνεται να καταλήγουν προς το παρόν στην ανάπτυξη ειδικών προγραμμάτων σύνδεσης (links) μερικά απ'τα οποία διατέθηκαν στο εμπόριο μόλις το 1989. (link ERDAS/ARC INFO). Η γενική τάση όμως σε ερευνητικό επίπεδο είναι η ανάπτυξη Ολοκληρωμένων Συστημάτων (Γεωγραφικών/Κτηματολογικών) Πληροφοριών Γης και Περιβάλλοντος τα οποία θα ενσωματώνουν με τον βέλτιστο δυνατό τρόπο τις δυνατότητες της Φωτοερμηνείας, της Τηλεπισκόπησης και των Ψηφιακών Επεξεργασιών Τηλεπισκοπικών Απεικονίσεων (Ρόκος, Δ. 1981, 1989, 1990).

6. Η ολοκλήρωση των δυνατοτήτων των αναλογικών και των ψηφιακών μεθόδων και τεχνικών της Φωτοερμηνείας/Τηλεπισκόπησης και των Συστημάτων Πληροφοριών Γης στην Υδρολογία

Η προσπάθεια ολοκλήρωσης των δυνατοτήτων των αναλογικών και των ψηφιακών μεθόδων και τεχνικών Φωτοερμηνείας/Τηλεπισκόπησης και των Συστημάτων Πληροφοριών Γης και Περιβάλλοντος (Γεωγραφικών / Κτηματολογικών) σε εφαρμογές διερεύνησης, απογραφής χαρτογράφησης και παρακολούθησης Φυσικών Διαθεσίμων και Χρήσεων/Καλύψεων Γης καθώς και Ολοκληρωμένων Αποδόσεων της Φυσικής και της Κοινωνικοοικονομικής πραγματικότητας μιας περιοχής / περιφέρειας, οι οποίες αποτελούν αντικειμενικά υλική βάση και για τις περισσότερες από τις μελέτες και έρευνες υδρολογίας, αναπτύχθηκε ουσιαστικά τις αρχές της δεκαετίας του '80 (Shelton, R. and Estes, J. 1981, Ρόκος, Δ. 1981 κ.λ.π.) με προπομπούς σχετικές επιστημονικές που διατυπώθηκαν σε σχετικά με την Ανάπτυξη και το Περιβάλλον ερευνητικά πεδία τα οποία απαιτούσαν διεπιστημονική προσέγγιση (Ρόκος, Δ. 1968, Rokos, D. 1976, Cicone, R. 1977 κ.λ.π.). Η υδρολογική έρευνα στο βαθμό που:

- συνδέεται κυρίως με τη Γεωλογία, την Χημεία, τη Φυσική, τη Βιολογία (Φυσιολογία Φυτών) και την Εδαφολογία,
- στηρίζεται σε δεδομένα της τοπογραφίας, του κτηματολογίου, της φωτοερμηνείας / τηλεπισκόπησης, της μετεωρολογίας, της γεωγραφίας κ.λ.π.
- εστιάζεται στην προσπάθεια ανεύρεσης, ανάπτυξης, διαχείρισης, ελέγχου / παρακολούθησης και προστασίας των υδατικών διαθεσίμων και
- στοχεύει μεταξύ άλλων και στην ανάπτυξη εφαρμογών:
 - για τη βέλτιστη δυνατή (σε φυσικό, κοινωνικοοικονομικό και περιβαλλοντικό επίπεδο) άρδευση συγκεκριμένων περιοχών/περιφερειών με συγκεκριμένα χαρακτηριστικά φυσικής και κοινωνικοοικονομικής πραγματικότητας (τοπογραφία, ανάγλυφο, χρήσεις γης, μέθοδοι παραγωγής κ.λ.π.)
 - για την κάλυψη των αναγκών ύδρευσης των πληθυσμών με καθαρό νερό σε πλανητικό, εθνικό, περιφερειακό και τοπικό επίπεδο,
 - για τον έλεγχο των πλημμυρών σε αστικές και αγροτικές περιοχές,
 - για την έρευνα, απογραφή, χαρτογράφηση, παρακολούθηση και προστασία περιοχών οι οποίες υφίστανται συστηματικά διάβρωση και υποβάθμιση της γης,
 - για την βέλτιστη αλλά και οικονομικότερη δυνατή χρήση του νερού για λόγους παραγωγικούς (παραγωγή υδροηλεκτρικής ενέργειας, βιομηχανικές διεργασίες, υδραυλικά έργα κ.λ.π.) ψυχαγωγικούς (υδάτινες ζώνες σε αστικά κέντρα κ.λ.π.), οικολογικούς (διατήρηση της ποτάμιας, λιμναίας, θαλάσσιας και ωκεάνιας πανίδας, ανακύκλωση των υδάτινων αποβλήτων, έλεγχος της ρύπανσης των νερών και σχετική προστασία).

απαιτεί αντικειμενικά την συλλογή και την ολοκληρωμένη επεξεργασία, ανάλυση και απόδοση των ποιοτικών και μετρητικών πληροφοριών οι οποίες συγκροτούν το συγκεκριμένο φυσικό και κοινωνικοοικονομικό περιβάλλον με το οποίο κάθε φορά, και σε κάθε συγκεκριμένη περιοχή αλληλεπιδρούν τα υδατικά διαθέσιμα δυναμικά, με την εμφάνισή τους, την κατανομή τους, την κυκλοφορία τους και την πολυδιάστατη σχέση τους με τους ζωντανούς οργανισμούς.

Τα παραπάνω ποιοτικά και μετρητικά στοιχεία, κατά περίπτωση, υπό μορφή κατάλληλων:

- (α) ψηφιακών χαρτών (οριζοντιογραφικών και υψομετρικών), διαφόρων κλιμάκων,
- (β) ψηφιακών τηλεπισκοπικών απεικονίσεων και των κατάλληλων επεξεργασιών τους (ταξινομήσεων εδαφών, χρήσεων γης, ειδικών ενισχύσεων και βελτιώσεων, ειδικών ψευδέγχρωμων σύνθετων εικόνων κ.λ.π.),

- (γ) ψηφιοποιημένων αεροφωτογραφιών κατάλληλων κλιμάκων, καθώς και των προϊόντων της αναλογικής ανάλυσης/ερμηνείας τους,
- (δ) ψηφιακών μοντέλων του εδάφους,
- (ε) ειδικών ψηφιακών θεματικών χαρτών (χαρτών χρήσεων γης, φυσικής βλάστησης, εδαφολογικών, γεωλογικών κ.λ.π.),
- (στ) ειδικών ψηφιακών βάσεων δεδομένων (κλιματολογικών, μετεωρολογικών, στατιστικών κ.λ.π. στοιχείων),
- (ζ) ειδικών παράγωγων ψηφιακών χαρτών και εικόνων (χάρτες κλίσεων γης, χάρτες ίσων κλίσεων γης, χάρτες εκθέσεων, χάρτες δικτύων επιφανειακής απορροής κ.λ.π.).

εισάγονται σ'ένα Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών το οποίο ταχύτατα μπορεί με βάση τις οδηγίες της διεπιστημονικής ερευνητικής ομάδας:

- (α) να αποθηκεύει αυτά αλλά και νεότερα στοιχεία, (π.χ. τις βροχοπτώσεις ανά ημέρα της τελευταίας δεκαετίας σε μια λεκάνη),
- (β) να ανακτά ένα ή περισσότερα στοιχεία (π.χ. το δίκτυο επιφανειακής απορροής, τον εδαφολογικό χάρτη της περιοχής και ένα ψευδέγχρωμο σύνθετο π.χ. 7,4,2 (R G B) Landsat TM),
- (γ) να μετασχηματίζει, να χειρίζεται και να συνδυάζει τις τιμές ενός ή περισσότερων επιπέδων πληροφοριών (π.χ. να προσαρμόζει τις κλίμακες των διάφορων απαραίτητων θεματικών χαρτών και εικόνων για την διερεύνηση ενός συγκεκριμένου προβλήματος ώστε όλοι να είναι τελικά της ίδιας κλίμακας με τον βασικό τοπογραφικό χάρτη της περιοχής),
- (δ) να συσχετίζει και να συγκρίνει στοιχεία ειδικής σημασίας για το κάθε υδρολογικό πρόβλημα (π.χ. ψευδέγχρωμες σύνθετες εικόνες των καναλιών 7,4,2 (R,G,B) της ίδιας περιοχής, σε δύο ημερομηνίες, πριν και μετά μια μακρά και/ή έντονη περίοδο ξηρασίας ή πλημμυρών για να διακριβωθούν οι πολυδιάστατες επιπτώσεις τους στην περιοχή),
- (ε) να μετρά γραμμικά και επιφανειακά στοιχεία ενός ή περισσότερων επιπέδων πληροφοριών (π.χ. τα όρια και τα εμβαδά συγκεκριμένων κατηγοριών χρήσεων γης με γνωστή ή μετρήσιμη/εκτιμήσιμη συμπεριφορά στη δέσμευση του νερού των βροχοπτώσεων, ή την επιφανειακή απορροή τους),
- (στ) να πραγματοποιήσει στατιστικές επεξεργασίες ενός ή περισσότερων επιπέδων πληροφοριών (π.χ. της περιεχόμενης στο έδαφος ή στη βλάστηση υγρασίας όπως αυτή προκύπτει από κατάλληλες ψηφιακές επεξεργασίες των ειδικά ευαίσθητων σ'αυτή καναλιών του LANDSAT TM 5 (με $\lambda=1,55-1,75\mu\text{m}$) και 6 (με $\lambda=10,4-12,5\mu\text{m}$) και/ή ψηφιακών τηλεπισκοπικών απεικονίσεων SAR (Synthetic Aperture Radar),
- (ζ) να παράγει σύνθετα ψηφιακά στοιχεία τα οποία π.χ. έχουν την ακρίβεια του τοπογραφικού χάρτη 1:50.000, την γεωμετρική διαχωριστική διακριτική ικανότητα δυνατότητα του παγχρωματικού καναλιού του SPOT (10 m) και την πληθώρα των ποιοτικών πληροφοριών ειδικών επεξεργασιών των κατάλληλων κάθε φορά ψευδέγχρωμων σύνθετων εικόνων του LANDSAT TM.
- (η) να ερευνά, να προσδιορίζει, να επιλέγει και να αξιολογεί τη χρησιμότητα ειδικών επεξεργασιών διαστημικών τηλεπισκοπικών απεικονίσεων για το κάθε πρόβλημα και τον βαθμό καταλληλότητας της συσχέτισής τους με άλλα επίπεδα πληροφοριών, (π.χ. εφαρμογή τεχνικών και αλγόριθμων H S I (Hue, Saturation, Intensity και/ή Principal Component Analysis / Ανάλυσης Κύριων Συνιστωσών σε τηλεπισκοπικές απεικονίσεις διαφόρων χρονικών περιόδων για τη βελτίωση των προϊόντων ειδικών ταξινομήσεών τους),
- (θ) να προσομοιώνει επιθυμητές ή προσδοκώμενες καταστάσεις/ποιότητες και να τις αναζητεί με τη συσχέτιση ποιοτικών και μετρητικών στοιχείων πολλών επιπέδων πληροφοριών (π.χ. αν συγκεκριμένα ύψη βροχοπτώσεων σε συγκεκριμένα εδάφη

συγκεκριμένων κλίσεων προκαλούν συγκεκριμένα επίπεδα διάβρωσης να βρεθούν οι περιοχές με τη μεγαλύτερη/μέση/μικρότερη διάβρωση, να περιγραφούν κατάλληλα στην οθόνη του Ολοκληρωμένου Συστήματος Πληροφοριών Γης και να εκτυπωθούν).

Θα πρέπει τέλος εδώ να τονισθεί, ότι ένα Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών για υδρολογικές εφαρμογές είναι απολύτως άχρηστο αν δεν υπάρχουν αξιόπιστα και ακριβή ποιοτικά και μετρητικά χαρτογραφικά, τηλεπισκοπικά, θεματικά και στατιστικά στοιχεία. Και αυτό, γιατί είναι Σύστημα Διαχείρισης, Συσχέτισης, Ανάλυσης και Αξιοποίησης πολυδιάστατων υφισταμένων ήδη ποιοτικών και μετρητικών στοιχείων και προφανώς όχι παραγωγής τους, όπως πολλοί επιστήμονες γοητευμένοι απ'τις δυνατότητες των τεχνολογιών αιχμής τείνουν ενίοτε να πιστεύουν.

7. Αναφορές και σχετική Βιβλιογραφία.

- Arnberg, W.: "Integration of map and Remote Sensing Data". *Geografiska Annaler, Series A* 63 (p. 319-324), 1981.
- Αρβανίτης, Α.: "Σχεδιασμός, Τήρηση, Ενημέρωση και πειραματική λειτουργία ενός Συστήματος Ολοκληρωμένων Κτηματολογικών Πληροφοριών", Διδακτορική Διατριβή, ΑΠΘ, Επιστημονική Επετηρίδα Πολυτεχνικής Σχολής, Παράρτημα 7, τ. ΙΑ, Θεσσαλονίκη 1988.
- Brillouin, L.: "Science and Information Theory". Academic Press, New York, 1955.
- Burrough, P.: "The development of a landscape Information System in the Netherlands based on a turn key graphics System", *Geoprocessing* 1, (p. 257-274), 1980.
- Cicone, R.: "Remote Sensing and Geographically Based Information Systems", *Proceedings of the 11th International Symposium on Remote Sensing of Environment*. University of Michigan, Ann Arbor, 1977.
- Colwell, R. (ed.): "Manual of Remote Sensing" (2 volumes). American Society of Photogrammetry, Falls Church Virginia, 1983.
- Curran, P.: "Principles of Remote Sensing". Longman Scientific and Technical, Hong Kong, 1985.
- Drury, S.: "A Guide to Remote Sensing". Oxford Science Publications, Oxford, 1990.
- Engels, F.: "Dialectique de la Nature", Editions Sociales Paris, 1961.
- Estes, J.: "Remote Sensing and Geographic Information Systems coming of age in the eighties" (στο B.Richason ed.) *Remote Sensing: As an Input to G.I.S. in the 1980's*. Pecora VII Symposium, USGS, Sioux Falls (23-40) 1982.
- Haralick, R.M.: "Automatic Remote Sensor Image Processing". (in Rosenfeld, A. (editor), *Digital Picture Analysis*), Springer-Verlag, New York, 1976.
- Hartl, P.: "Digital Picture Processing". (in Schanda, E. (editor) *Remote Sensing for Environmental Sciences*), Springer-Verlag, New York, Chapman and Hall, London, 1976.
- Jensen, J.: "Introductory Digital Image Processing. A Remote Sensing Perspective". Prentice-Hall, 1986.
- Καραθανάση, Α., Ρόκος, Δ., Σπυράκος, Γ. : "Ελληνικό Λογισμικό Ψηφιακής Επεξεργασίας Τηλεπισκοπικών Απεικονίσεων", Συνέδριο "Σύγχρονες Εφαρμογές της Τηλεπισκόπησης", Θεσσαλονίκη, 1988, Πρακτικά.
- Komarov, V.: "Aerial Photography in the Investigation of Natural Resources in the U.S.S.R.". Moscow, 1978.
- Μανιάτης, Γ.: "Συγκρότηση Συστήματος Ολοκληρωμένων Κτηματολογικών Πληροφοριών για την Ελλάδα", Διδακτορική Διατριβή, ΑΠΘ, Επιστημονική Επετηρίδα Πολυτεχνικής Σχολής, Παράρτημα 24, τ.Θ, Θεσσαλονίκη, 1985.
- Mather, P.: "Computer Processing of Remotely Sensed Images". John Wiley and Sons, 1987.

- Rokos, D., Theocharopoulos, S., Halaris, G.: "Geographic Context of Typical Mediterranean Crops and Vegetation Types as a basis for Image Analysis Expert System Rules". Final Report, Contract No 4569-91-12 ED ISP GR EEC, N.T.U.A., Athens, 1993.
- Ρόκος, Δ.: "Αναλογικές Μέθοδοι και Ψηφιακές Επεξεργασίες". Ε.Μ.Π., Εργαστήριο Τηλεπισκόπησης, Αθήνα, 1989.
- Ρόκος, Δ.: "Προεπεξεργασίες Ψηφιακών Τηλεπισκοπικών Απεικονίσεων". Ε.Μ.Π., Εργαστήριο Τηλεπισκόπησης, Αθήνα, 1989.
- Ρόκος, Δ.: "Ενίσχυση/Βελτίωση Ψηφιακών Τηλεπισκοπικών Απεικονίσεων". Ε.Μ.Π., Εργαστήριο Τηλεπισκόπησης, Αθήνα, 1989.
- Ρόκος, Δ.: "Φωτοερμηνεία - Τηλεπισκόπηση". Ε.Μ.Π., Εργαστήριο Τηλεπισκόπησης, Αθήνα, 1988.
- Ρόκος, Δ.: "Ο διαλεκτικός χαρακτήρας της ανάπτυξης. Ένα διεπιστημονικό εργαλείο για την προσέγγισή της", (αναθεωρημένη μορφή της εισήγησης στο 1ο "Συνέδριο για την Διεπιστημονική Προσέγγιση της Ανάπτυξης", Ε.Μ.Π., Αθήνα 1988), Επιστημονική Σκέψη, τ.44, 1989 και Πρακτικά, Εκδ. Παπαζήση, Αθήνα 1990.
- Ρόκος, Δ.: "Φυσικά Διαθέσιμα και Ολοκληρωμένες Αποδόσεις". Εκδ. Παρατηρητής, Θεσσαλονίκη, 1981, (ανατύπωση 1985 και 1989), (σελ. 304).
- Ρόκος, Δ.: "Κτηματολόγιο και Αναδασμός Πολιτική Γης", Εκδ. Μαυρομάτης ΕΠΕ, Αθήνα 1981 (α), Θεσσαλονίκη 1989.
- Rokos, D.: "Integrated Photogrammetric Contribution to Development. Educational and Administrative Aspects. Proposals for Greece". Archives XIIIth Congress of the International Society for Photogrammetry, ISP, Commission VI, Helsinki, 1976.
- Ρόκος, Δ.: "Ένα Νέο Σύστημα προς Ολοκλήρωση των Φωτογραμμετρικών Μεθόδων στην Οδοποιΐα", Διδακτορική Διατριβή, Ε.Μ.Π., Αθήνα, 1968.
- Shelton, R. and Estes, J.: "Remote Sensing and Geographical Information Systems: An Unrealised Potential", Geo-Processing, 1, 1981.
- Short, N.: "The Landsat Tutorial Workbook: Basics of Satellite Remote Sensing". NASA Reference Publication 1078, Washington D.C., 1982.
- Teicholz, E. : "Geographic Information Systems: The Odyssey project", Journal of the Surveying and Mapping Division, 106, (p 119-135), 1980.
- The American Farmland Trust : "A Survey of Geographic Information Systems, for Natural Resources Decision Making", A.F.T., Washington D.C., 1987